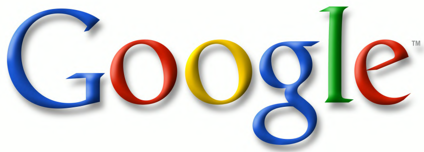
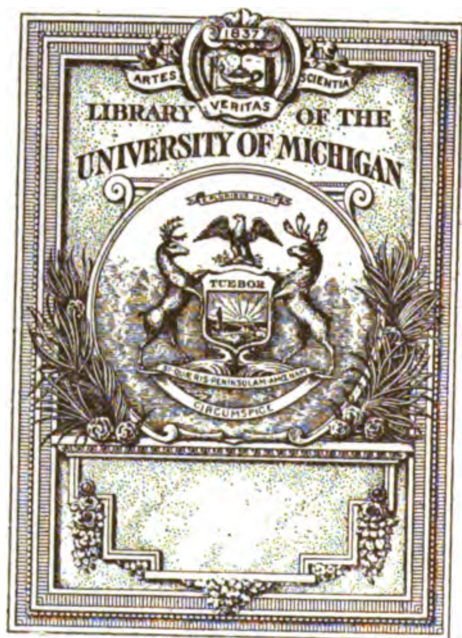



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

X. Jahrgang 1899.

Mit sieben Tafeln in Schwarzdruck.



EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandluug

Leipzig 1900.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.



Astrophysik.

Die Sonne.

Sonnenstatistik 1898. Die Relativzahlen der Sonnenflecke sind wie gewöhnlich von A. Wolfer festgestellt worden[1]). Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate auf Grund der in Zürich und an 17 andern Orten angestellten Beobachtungen, und zwar bezeichnet m die Zahl der fleckenfreien Tage, n die Beobachtungstage und r die mittlere Relativzahl.

1898	m	n	r
Januar	1	31	30.2
Februar	3	28	36.4
März	5	31	38.3
April	9	30	14.5
Mai	0	31	25.8
Juni	1	30	22.3
Juli	11	31	9.0
August	2	31	31.4
September	0	30	34.8
Oktober	0	31	34.4
November	0	30	30 9
Dezember	7	31	12.6
Jahr	39	365	26.7

Das Jahresmittel der Relativzahlen stellt sich hiernach für 1898 auf r = 26.7.

»Es hat also auffallender Weise, bemerkt Prof. Wolfer, seit dem Vorjahre (r = 26.2) nicht nur keine Abnahme, sondern im Gegenteil eine, wenn auch minimale Zunahme von einer halben Einheit stattgefunden, d. h. das Jahresmittel ist thatsächlich nahe konstant geblieben. Daraus ist indessen keineswegs zu schliessen, dass

---

[1]) Astron. Mitteilungen von Wolfer, No. 90. Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. in Zürich 1899. p. 315 u. ff.

das kommende Minimum schon in nächster Zeit bevorstehe und vermutlich kein tiefes sein werde; denn erstlich liegt das Jahresmittel immer noch weit über den höchsten aller bis jetzt beobachteten Minima, und anderseits sind seit dem letzten Maximum (1894.1) erst $4^1/_2$ Jahre verflossen, d. h. ein Zeitraum, der zufolge der Epochentafel der Maxima und Minima immer noch kürzer ist als alle bisher beobachteten zeitlichen Abstände eines Minimums vom vorangehenden Maximum, mit einziger Ausnahme des Falles von 1830—1834. Das verhältnismässig hohe Jahresmittel wird wohl in der Hauptsache durch die starke und andauernde Neuzunahme der Fleckenbildung von Anfang August bis Mitte November veranlasst, wie denn von diesen vier Monaten nur der August zwei fleckenfreie Tage aufweist. Es liegt also ohne Zweifel nur eine vorübergehende Anomalie, ein zeitweises Stationärbleiben der Thätigkeit vor, wie es mehrfach in frühern Perioden, so z. B. 1863—1864, 1876—1877 sich gezeigt hat. Mit der schwachen Veränderung des Jahresmittels steht die geringe Zunahme der fleckenfreien Tage von 32 auf 38 in Übereinstimmung, doch weist deren etwas grössere Zahl immerhin auf die fortschreitende, wenn auch langsame Abnahme der Thätigkeit hin.«

»Die täglichen Relativzahlen zeigen eine Abnahme der sekundären Schwankungen. Zwei Gruppen von stärkern sekundären Erhebungen treten hervor, die eine am Anfange des Jahres, die andere vom August bis November. Zwischen beiden liegt eine Periode relativ geringer und wenig veränderlicher Thätigkeit von Ende März bis Ende Juli; der zweiten Gruppe folgt eine zweite Ruheperiode von Mitte November bis Ende des Jahres. Die drei Maxima der ersten Gruppe erreichen zum Teil noch ganz beträchtliche Höhen, bis gegen die Relativzahl 100 hin, diejenigen der zweiten halten sich fast genau auf dem gleichen Niveau von ca. 70.

Beide Gruppen zeigen wieder die charakteristische regelmässige Folge der einzelnen Erhebungen, sowie der zwischenliegenden Minima in Intervallen von ungefähr einer synodischen Sonnenrotation von 27^d.

Die drei Maxima am Anfang des Jahres entsprechen offenbar derselben Rotationsphase, ebenso noch das nachfolgende kleinere von Anfang April; dagegen stehen sie nicht in Beziehung zu dem sekundären Maximum vom Dezember vorigen Jahres, obwohl sie unmittelbar auf dieses folgen. Der Thätigkeitsbezirk, durch den die vier ersterwähnten sekundären Erhebungen erzeugt werden, ist von jenem, dem das Dezembermaximum entspricht, ganz verschieden und liegt ihm annähernd diametral gegenüber. Eine ähnliche Folge bilden die vier sekundären Maxima und deren zwischenliegende Einsenkungen in der zweiten Hälfte des Jahres. Maxima einerseits, Minima anderseits folgen sich hier je mit grosser Regelmässigkeit bei nahe denselben Rotationsphasen der Sonne, sind also auch hier wesentlich nur der ungleichen Verteilung der Fleckenbildung in heliographischer Länge, bezw. deren Anhäufung auf einem speziellen beschränkten Gebiete zuzuschreiben.

Das erste Maximum um den 20. Januar herum rührt von einer Anhäufung von Fleckengruppen in den Längen 340°—250 her, steht also, wie schon bemerkt wurde, mit dem Maximum vom Dezember 1897, welches durch Fleckengruppen in L = 100—80° erzeugt wurde, in keiner Verbindung; die letztere Gegend war im Gegenteil während des Januars fast ganz fleckenfrei, daher das Minimum von Ende Januar. Das zweite Maximum kommt von einer grossen Gruppe in L = 350—330°, welcher in L = 260—250° zwei weitere ebenfalls ziemlich bedeutende folgten; die entgegengesetzte

Halbkugel zeigte nur zwei wenig entwickelte Gruppen in L = 140° und 70°, denen das Minimum von Ende Februar entspricht. Das dritte Maximum rührt von einer neuen grossen, sehr stark und rasch entwickelten Gruppe in L = 360° und zwei andern in L = 360° und 350° her; der Austritt dieses starken Thätigkeitsgebietes bedingte den raschen Abfall der Kurve gegen Ende März; die gegenüberliegende Halbkugel zeigte wieder nur ganz wenige kleine Fleckengruppen. Das kleine Maximum von Anfang April ist durch die Wiederkehr der vorigen grossen Gruppe bewirkt, die aber inzwischen stark an Umfang abgenommen hatte; einige kleine Fleckengruppen waren östlich von ihr entstanden, aber von kurzer Dauer. Dem Austritte dieser Gruppe am 14. April folgte abermals ein dauerndes Minimum von fleckenfreien Tagen; in der gegenüberliegenden Halbkugel war die Thätigkeit immer noch nahe Null. In der folgenden Rotationsperiode war die frühere grosse Gruppe in L = 360° vollständig verschwunden, und es zeigten sich nur ganz wenige kleine Gruppen auf der Sonne, bis 6. Mai neuerdings eine grössere in L = 260° eintrat, die aber in der nächsten Rotation bereits wieder aufgelöst war.

Die sekundären Maxima der vier ersten Monate des Jahres sind also in der Hauptsache durch eine Ansammlung von Fleckengruppen auf einem Gebiete erzeugt, das sich ungefähr über die Normallängen L = 360—250° erstreckte, während die übrigen Teile der Fleckenzone verhältnismässig schwach besetzt erschienen. Von Ende März an machte sich eine allgemeine Abnahme der Thätigkeit bemerkbar; sie blieb bis Ende Juli auf niederem Niveau und ohne ausgesprochenes Vorwiegen an bestimmten Stellen der Sonnenoberfläche.

Ein neues Anwachsen begann Anfang August in L = 280, 250, 210, 170°, wo mehrere ansehnliche Gruppen auftraten und das Maximum in den ersten Tagen des August erzeugten; auch in L = 120° machte sich neue Thätigkeit bemerkbar, daher die kleine Erhebung vom 14. August. Nach dem Austritte des letztern Fleckengebietes folgte sodann ein Minimum, nämlich eine Reihe fast ganz fleckenfreier Tage, nur von einigen wenig bedeutenden sporadischen Bildungen unterbrochen. Ende August erschienen am Ostrande wieder Gruppen in L = 265 und 210°, denen eine ganz schwache Wiederholung des Maximums von Anfang August entspricht, und am 3. September trat die ungewöhnlich grosse Gruppe L = 110—98° ein, welche das stärkste Fleckengebiet und die interessanteste Erscheinung auf der Sonne in diesem Jahre repräsentierte und das Maximum von Mitte September veranlasste. Der übrige Teil der Fleckenzone wies nur einige kleine zerstreute Gruppen auf. Die Wiederkehr der grossen Gruppe in L = 110° bewirkte das Maximum im Anfang Oktober, wo auch in L = 130 und 135° neue Gruppen geringern Umfanges sich gebildet hatten, während die gegenüberliegende Gegend nur wenige schwach entwickelte Gruppen zeigte. Eine neue beträchtliche Gruppe erschien am 22. Oktober am Ostrande in L = 170°; es folgte ihr sodann ein schwacher Rest der Gruppe in L = 100°, sowie eine etwas grössere in L = 70° und zwei weitere in ca. 30°. Alle diese zusammen erzeugten das andauernde Maximum zu Ende Oktober und Anfang November, dem nun nach Austritt der oben erwähnten Gruppe in L = 170° eine anhaltende Minimalperiode folgte; eine kleine Erhebung wurde nochmals Anfang Dezember durch die Wiederkehr zweier Gruppen in L = 70° und einer neuen in L = 350° veranlasst. Sonach sind die von Mitte August bis Anfang Dezember sich regelmässig nach einer Rotation folgenden Maxima wesentlich der Ausdruck einer während ungefähr vier Rotationen bestehenden Ansammlung von Fleckengebieten in den Normallängen zwischen etwa 170 und 70°, mit einer Konzentration in der Länge 110°, dem Orte der grossen Septembergruppe. Bemerkenswert ist, dass die beiden Hauptgebiete, denen bezw. in der ersten und zweiten Hälfte des Jahres je die stärksten Fleckenansammlungen entsprechen, sich ungefähr gegenüberliegen; das erste Gebiet erstreckte sich von L = 360—250°, das zweite von 170—70°.

Der grosse Sonnenfleck vom September 1898 wurde von W. H. Robinson in der Nähe des Sonnenrandes beobachtet. September 15, 3^h 45^m lag er genau im Rande, und an dem Orte desselben erschien eine kleine helle Erhöhung, ähnlich wie ein beleuchteter Mondkrater in der Lichtgrenze des Mondes. [1])

Einfluss der Sonnenflecke auf den Durchmesser der Sonne. Auf der Sternwarte zu Charkow hat J. Sykora Beobachtungen über den scheinbaren Durchmesser der Sonne angestellt, indem derselbe in der Richtung, in welcher eine Gruppe von Flecken am Rande auftauchte oder verschwand, gemessen wurde. Die Beobachtungen geschahen an einem 6-zölligen Refraktor, indem das Bild der Sonne samt dem der Mikrometerfäden auf einen Schirm projiziert wurde. Der Beobachter mass auf diese Weise den Durchmesser in der Richtung der Fleckengruppe und noch je einen Durchmesser in der Nähe rechts und links von diesem. Folgende Tabelle enthält einige Ergebnisse; in derselben bezeichnet a den scheinbaren Durchmesser der Sonne (in Zeit) in der Richtung des Fleckes, b und c benachbarte Durchmesser rechts und links davon:

	a	b	c
22. Juni	2^m 8.62^s	2^m 8.38^s	2^m 7.97^s
5. Juli	8.37	8.04	8.21
12. »	9.30	8.27	8.27
5. September .	8.52	8.25	8.44
9. » .	8.41	8.29	8.36

Aus diesen Zahlen würde sich ergeben, dass in der Umgebung der Fleckengruppen eine Erhebung der Sonnenoberfläche stattfindet. [2])

Die Linien des Sauerstoffs im Sonnenspektrum. Auf Veranlassung von Janssen hat Graf de la Baume-Pluvinet auf dem Gipfel des Mont-Blanc im Sommer 1898 photographische Aufnahmen des Sonnenspektrums ausgeführt behufs Untersuchung der sogenannten Sauerstofflinien in diesem Spektrum. Diese Linien (die Gruppe B) erschienen in jener Höhe sehr schwach, was die Ergebnisse Janssens in den Jahren 1888, 1890 und 1893 auf dem Mont-Blanc und zu Meudon völlig bestätigt. Diese Abnahme beweist nach Janssen, dass an der Grenze der Erdatmosphäre diese Linien überhaupt verschwunden sein würden, dass also Sauerstoff, wie er in unserer Lufthülle enthalten ist, in der Sonnenatmosphäre nicht existiert. Die Frage, ob überhaupt auf dem ganzen Sonnenballe kein Sauerstoff vorhanden sei, möchte Janssen indesen nicht unbedingt bejahen, da der Sauerstoff eine so wichtige Rolle auf unserem Planeten spielt, und es deshalb wenig wahrscheinlich sein dürfte, dass derselbe in dem ganzen Sonnenballe, dem Reservoir aller Elementarstoffe unseres Planetensystems, völlig fehlen sollte; vielleicht könnte er

---

[1]) Monthly Notices 1899. 59. No. 3. p. 156.
[2]) Bull. Société astr. de France 1899. p. 455.

dort im Zustande noch einfacherer Elemente existieren infolge der hohen Temperaturen, von Elementen, die sich erst bei niedrigerer Temperatur zu unserem Sauerstoffe verbinden.[1])

Kohlenstoff in der Chromosphäre. Nach den Untersuchungen auf der Yerkes-Sternwarte[2]) ist in der Chromosphäre das Bandenspektrum des Kohlenstoffes sichtbar. Von den fünf Streifen desselben wurde der grüne schon 1897 gesehen, der gelbe im August 1899. Zur Sichtbarkeit dieser Banden ist ein sehr mächtiges Teleskop erforderlich. Der Kohlenstoff muss in Gestalt einer weniger als 100 deutsche Meilen hohen Dampfschicht unmittelbar mit der Photosphäre in Kontakt sein.

Die grüne Koronalinie. Im Spektrum der Sonnenkorona kennt man seit 1869 eine helle, grüne Linie, die gemäss ihrer angenommenen Wellenlänge (λ 5316.87) keinem bekannten irdischen Elemente angehört. Die von der Lick-Sternwarte auf Kosten von C. F. Crocker ausgesandte Expedition zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 22. Januar 1899 in Indien hatte deshalb die Aufgabe, wenn möglich, photographische Aufnahmen des Koronaspektrums zu machen. Dies ist ihr in der That gelungen und W. W. Campbell hat Messungen an der erhaltenen Platte ausgeführt, deren Ergebnis er kürzlich mitteilte.[3]) Hiernach ist die bisher angenommene Wellenlänge der grünen Koronalinie irrig, in Wirklichkeit ist sie $\lambda = 5303.26$, die aber auch im Spektrum irdischer Stoffe, soweit bekannt, nicht vorkommt.

Die Beobachtungen der Sonnenfinsternis vom 22. Januar 1898 in Indien durch die von der Britischen Astronomischen Gesellschaft organisierten Expeditionen sind in einem stattlichen Bande veröffentlicht worden.[4]) Diese Beobachtungen liefern wichtige Beiträge zur genauen Kenntnis des Wasserstoffspektrums mit hellen Linien, der Verteilung des Coronium in der Korona und der Änderungen der Gestalt der letztern in Beziehung zur Fleckenperiode. Im ganzen wurden 28 Photographien der Korona erhalten, von denen mehrere die Strahlen bis zu grösserer Entfernung von der Sonne zeigen als alle frühern. Kapitän E. H. Hills hat sehr wichtige Photographien des Sonnenrandspektrums erhalten. Behufs Charakterisierung derselben und ihres überaus reichen Inhaltes sind Teile der beiden Spektra beim zweiten und dritten Kontakte auf Tafel I wiedergegeben und darunter der mit dem nämlichen Instrumente erhaltene entsprechende Teil des gewöhnlichen Sonnenspektrums. Die Wiedergabe ist in $3^1/_2$ facher Vergrösserung des Originales ausgeführt.

---

1) Bull. Société astr. de France 1899. p. 110.
2) Yerkes Observat. Bull. No. 12.
3) Astrophys. Journ. 10. p. 185.
4) Report of the Expeditions to observe the Total Solar Eclipse of 1898 January 22. London 1899.

Christie ist der Meinung, dass nach seiner photographischen Aufnahme der Korona eine Beziehung der Strahlen zu den Protuberanzen anzunehmen sei. Lockyer kam zu dem Ergebnisse, dass die hellgrüne Koronalinie, welche nach Young's früherer Angabe mit der Chromosphärelinie 1474 K zusammenfallen sollte, thatsächlich nicht mit dieser identisch ist.

Spezieller Kanon der Sonnen- und Mondfinsternisse für das Ländergebiet der klassischen Altertumswissenschaften und den Zeitraum von 900 vor Chr. bis 600 nach Chr. von F. K. Ginzel. Bearbeitet auf Kosten und herausgegeben mit Unterstützung der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften.

Der im Jahre 1887 von Oppolzer herausgegebene »Kanon der Finsternisse« ermöglicht eine vollständige Übersicht der die nördliche Erdhälfte treffenden Sonnen- und Mondfinsternisse. Doch giebt er keine Details über die Sichtbarkeit der Sonnenfinsternisse für ein bestimmtes Ländergebiet; nur für die zentralen liefert er Kurven, welche jedoch nur näherungsweise richtig sind, die Sichtbarkeit der partiellen Sonnenfinsternisse für einen bestimmten Ort muss erst durch nähere Rechnung ermittelt werden. Es bedarf also in jedem Falle bedeutender Rechnungen, wenn für ein bestimmtes Gebiet die Sichtbarkeitsverhältnisse gefordert werden. Ferner enthält Oppolzer's Kanon nicht jene empirischen Korrektionen, welche Ginzel namentlich aus mittelalterlichen historischen Finsternissen abgeleitet hat. Der neue »spezielle Kanon« setzt sich zum Zwecke, Vollständigkeit in diesen Beziehungen zu liefern. Er bringt für sämtliche Sonnenfinsternisse, die in dem Ländergebiete zwischen 350 — 50° östl. L. und 30 — 50° nördl. Br. von 900 vor Chr. bis 600 nach Chr. stattgefunden haben, bis zu jenen herab, welche wenigstens einen Zoll erreichten, die Grösse der Maximalphase von 10 zu 10° Länge und 5 zu 5° Breite in jenem Territorium, ferner, wie gross die Maximalphase jeder Finsternis an den vier Orten Rom, Athen, Memphis, Babylon gewesen ist. Auch enthält das Werk den genauern Verlauf der Zentralitätszonen der Sonnenfinsternisse und bringt dieselben in einem Atlas von 15 Karten zur Darstellung. Ferner wird betreffs der Mondfinsternisse, ausser deren Grösse und Zeit, angegeben, inwieweit dieselben für Rom, Athen, Memphis, Babylon haben sichtbar sein können. Durch diese detaillierten Sichtbarkeitsangaben wird für den obengedachten Zeitraum die Rechnung nach Formeln fernerhin überflüssig gemacht.

Ausserdem enthält das Werk eine neue Bearbeitung sämtlicher historischer Finsternisse des obengenannten Zeitraumes, 108 im ganzen. Hier sind wichtige Resultate historischer und astronomischer Art erzielt; namentlich dürften die neue Untersuchung der babylonisch-assyrischen Finsternisse im Hinblicke auf die Hypothese Mahler's und des Verfassers Versuch über den Wert der Mondperioden der Alten, Interesse erwecken. Bei den klassischen Finsternissen zeigt

sich, dass dieselben durch die Ginzel'schen empirischen Korrektionen gut dargestellt werden. Die genauere Erwägung der historischen Quellenverhältnisse ermöglicht ein schärferes Urteil über den Wert, welchen einzelne Finsternisse für die Mondtheorie besitzen. Es wird nachgewiesen, welche von den bisher in der Mondtheorie verwendeten historischen Finsternisse bei der jetzigen Sachlage kein längeres Vertrauen besitzen; und einige neue Finsternisse werden gezeigt, welche wegen ihrer zeitlichen und örtlichen Sicherung ein vorzügliches Prüfungsmittel für die Mondtheorie abgeben können.

Die Strahlung und Temperatur der Sonne. Die zahlreichen Arbeiten über die Strahlungsenergie und Temperatur der Sonne sind von Prof. J. Scheiner kritisch untersucht und zusammen mit den Ergebnissen seiner eigenen Beobachtungen dargestellt worden.[1]) Die von der Wellenlänge abhängigen spezifischen Äusserungen der Sonnenstrahlung zerfallen in optische, thermische, chemische und elektrodynamische. Am wichtigsten und genauesten erforscht ist die thermische Strahlung der Sonne, allein die Bestimmung der Sonnentemperatur hat eigentümliche Schwierigkeiten. Selbst wenn die ausstrahlende Schicht der Sonne die Oberfläche eines glühenden festen Körpers wäre, würde deren Temperatur aus Strahlungsbeobachtungen erst dann festzustellen sein, wenn wir diesen Körper selbst oder wenigstens sein Emissionsvermögen kennten. Die wirkliche Temperatur würde bei unbekanntem Emissionsvermögen innerhalb weiter Grenzen liegen können, es braucht ja nur an den enormen Strahlungsunterschied (Helligkeitsunterschied) zwischen einem Metall- und einem Glasstückchen, welche beide in derselben Flamme, also bei derselben Temperatur, glühen, erinnert zu werden.

Es ist deshalb unumgänglich notwendig, bei der Definition der Sonnentemperatur das Emissionsvermögen zu berücksichtigen, und dies geschieht am besten nach dem Vorgange von Le Chatelier unter der Annahme, dass das Emissionsvermögen der Sonne gleich 1 sei. Man bezeichnet die so definierte Sonnentemperatur als die effektive.

Demgegenüber hat man nach Violle als wahre Sonnentemperatur diejenige zu bezeichnen, welche ein Körper von demselben scheinbaren Durchmesser wie die Sonne besitzen muss, damit er unter Voraussetzung des gleichen mittleren Emissionsvermögens wie die Sonne auch in gleicher Zeit dieselbe Quantität Wärme aussendet.

Die Sonnenphotosphäre ist nun zweifellos keine feste Oberfläche, sondern der am meisten verbreiteten Ansicht nach eine Gasschicht von merklicher Dickenausdehnung, in welcher die ausstrahlenden Partikel suspendiert sind. Diese Schicht kann kaum eine gleichförmige Temperatur besitzen; die letztere wird vielmehr nach innen zunehmen. Nach aussen gelangen auch Strahlungen aus den tiefern Schichten, welche aber beim Durchgange durch die obern

[1]) Strahlung u. Temperatur der Sonne von Dr. J. Scheiner, Leipzig 1899.

eine gewisse Absorption erfahren. Von einer bestimmten Temperatur der Sonnenphotosphäre kann also gar keine Rede sein, sondern nur von einer mittlern, welche der Summe aller Strahlungseffekte aus allen Teilen der Schicht entspricht.«

Wenn also auch das Problem der Wärmeabsorption in der Erdatmosphäre völlig gelöst wäre, so lässt sich doch aus Strahlungsbeobachtungen nicht die wirkliche in der Photosphäre herrschende Sonnentemperatur finden, sondern nur die Temperatur eines absolut schwarzen Körpers vom gleichen scheinbaren Durchmesser wie die Sonne und gleichem Strahlungseffekte.

Scheiner teilt die von einer nicht geringen Anzahl Physiker erhaltenen Resultate mit. Es ergiebt sich daraus, dass die Sonnenstrahlung an der Grenze der Atmosphäre in einer Minute pro Quadratcentimeter vier Wärmeeinheiten beträgt. Nimmt man diesen Wert für die sogenannte Solarkonstante an, so ergiebt sich als effektive Sonnentemperatur in runder Zahl 7000° C. Prof. Scheiner hält diesen Wert für der Wahrheit so nahekommend, dass er nicht um ± 1000° irrig sein könne. Kann man nun auch, wegen unserer Unkenntnis des Emissionsvermögens der Photosphäre, ohne Hypothesen den wahren Betrag der Temperatur derselben nicht finden, so ist es doch möglich, die effektive Strahlung der Photosphäre selbst, frei von der oberhalb der Photosphäre stattfindenden Absorption, zu ermitteln.

»Man erkennt den Einfluss dieser Absorption sehr deutlich durch den Lichtabfall, der auf der scheinbaren Sonnenscheibe von der Mitte bis zum Rande stattfindet. Eine andere Deutung dieses Lichtabfalles ist nicht zulässig; denn nach dem Lambert'schen oder dem Lommel'schen photometrischen Grundgesetze ist die Ausstrahlung eines selbstleuchtenden Flächenelementes proportional dem Cosinus des Emanationswinkels; eine selbstleuchtende Kugel muss daher als gleichmässig helle Scheibe erscheinen. Wollte man aber das Euler'sche Gesetz zu Grunde legen, so würde sogar resultieren, dass der Rand heller erscheinen müsste als die Mitte. Um die notwendige Korrektion anbringen zu können, handelt es sich darum, genau wie bei dem Probleme der Extinktion in unserer Atmosphäre, aus der Lichtabnahme nach dem Rande (Horizonte) hin den Transmissionskoeffizienten für die Sonnenatmosphäre und daraus wieder den Betrag der Gesamtabsorption für die einzelnen Strahlungsbezirke zu bestimmen.«

Scheiner teilt die bezüglichen bisher aufgeführten Messungen mit und findet, dass der oben angegebene Wert der Solarkonstante von vier Wärmeeinheiten auf 6.0 zu erhöhen ist, um die wahre, von der Photosphäre ausgehende Strahlung der Sonne zu erhalten. Damit erhöht sich der Wert der effektiven Sonnentemperatur auf 7760°. Prof. Scheiner bezeichnet diese Zahl als eine recht sichere, »insofern als die zu ihrer Ableitung benutzten Beobachtungen und Formeln keinen grössern und prinzipiellen Fehlerquellen unterworfen sind

und die Beobachtungsfehler überhaupt nur in sehr geringem Masse in diesen Wert eingehen.«

Er weist schliesslich noch auf einen andern Weg hin, der zu einer genäherten Kenntnis der wahren Photosphärentemperatur führen kann, wenn dies auch augenblicklich noch nicht mit einem hohen Grade von Genauigkeit möglich ist. »Man müsste nämlich zum Vergleiche mit der Strahlung der Sonne die Strahlung von Schichten, welche ähnlich konstituiert sind wie die Photosphäre, benutzen. Solche Schichten besitzen wir in den gewöhnlichen Leuchtflammen, in denen wegen der ungenügenden Verbrennung ein Teil des Kohlenstoffes als in dem glühenden Gase suspendierte Teile enthalten ist. In den Flammen ist also eine ähnliche Bedingung zur Verminderung des Emissionsvermögens vorhanden wie in der Photosphäre. Nun wissen wir zwar nicht, welche Elemente in der Photosphäre kondensiert sind; es ist aber durchaus nicht unmöglich, dass dies gerade der Kohlenstoff ist, dessen Siedepunkt jedenfalls ausserordentlich hoch liegt. Wenn die strahlenden Partikel in der Photosphäre einem andern Elemente als dem Kohlenstoffe angehörten, würde natürlich die Ähnlichkeit des Absorptionsvermögens zwischen Flamme und Photosphäre geringer sein, doch immerhin noch beträchtlich grösser als zwischen der letztern und einem strahlenden festen Körper.«

Vorläufige Versuche auf diesem Wege führen zu Werten, die mit den oben angegebenen gut übereinstimmen. »Das Problem der Sonnentemperatur,« sagt Prof. Scheiner: »hat bisher als das unbefriedigendste der ganzen Astrophysik, speziell der Physik der Sonne, gegolten; es ist geradezu stets als Beispiel einer unexakten Forschung hingestellt worden. Ich glaube, dass man nunmehr von dieser Ansicht zurücktreten muss, ja dass dieses überaus schwierige Problem einer befriedigenden Lösung bereits sehr nahe geführt ist.«

Von indirekten Methoden zur Bestimmung der Sonnentemperatur kommt gegenwärtig ernstlich nur in Betracht eine Bestimmung der Temperatur der Sonne in Verbindung mit derjenigen anderer Fixsterne, welche Prof. Scheiner vor einigen Jahren ausgeführt habe. »Dieselbe beruht auf dem merkwürdigen Verhalten zweier Magnesiumlinien bei den Wellenlängen 448.1 $\mu\mu$ und 435.2 $\mu\mu$. Die erstere dieser Linien tritt in fast allen Spektren der I. Spektralklasse sehr stark hervor; in den Spektren der Sterne der II. Spektralklasse, zu denen unsere Sonne gehört, ist sie schwach, und in denen der III. Klasse scheint sie zu fehlen. In dem Funkenspektrum des Magnesiums ist die Linie sehr stark; dagegen ist sie nicht im elektrischen Bogen oder im Spektrum des brennenden Magnesiums zu finden. Es liegt hiernach nahe, die Eigentümlichkeiten dieser Linie auf die Verschiedenheit der Temperaturen im elektrischen Bogen und im Funken zurückzuführen und daraus weitere Schlüsse auf die Temperatur in den Fixsternen zu ziehen; es geht dies aber nicht an, da Druckverschiedenheiten ja denselben Effekt haben könnten. Merkwürdiger- und glücklicherweise zeigt nun die zweite der oben angegebenen

Magnesiumlinien genau das entgegengesetzte Verhalten, sowohl in den Sternen als auch im Laboratorium. In den Spektren der Klasse I ist sie gar nicht oder kaum vorhanden, in denen der II. Klasse ist sie sehr hervorragend und erscheint in IIIa als eine der stärksten Linien. Im Funkenspektrum ist sie nicht vorhanden, dagegen im elektrischen Bogen sehr kräftig.

Der günstige Umstand, dass zwei demselben Stoffe angehörige Linien ein entgegengesetztes Verhalten zeigen, beweist nun sofort, dass die Erscheinungen, welche diese Linien auf den Sternen bieten, von der Temperatur allein abhängen und nicht vom Druck. Denn bei vermehrtem Drucke treten alle Linien ohne Ausnahme kräftiger hervor; dagegen ist es eine bekannte Thatsache, dass einzelne Linien bei wachsender Temperatur schwächer werden und schliesslich verschwinden.

Man kommt also zu dem Schlusse, dass die Temperatur derjenigen Schicht, welche die Fraunhofer'schen Absorptionslinien erzeugt, das ist die obere Grenze der Photosphäre, für die Sterne der Klasse IIa (Sonne) wohl höher als die des elektrischen Bogens, aber wesentlich niedriger als die stark gespannter Funken ist. Als untere Grenze für die wahre Temperatur würde man hiernach etwa 5000° annehmen können; die obere Grenze bleibt unsicherer, dürfte aber den Betrag von 10000° wohl kaum überschreiten.«

Die Eigenbewegung der Sonne im Weltraume. S. Newcomb hat[1]) auf der Basis der bis jetzt bestimmten Parallaxen von Fixsternen eine neue Untersuchung über die absolute Geschwindigkeit angestellt, mit der sich die Sonne durch den Weltraum bewegt, und ebenso eine Bestimmung des Punktes, gegen welchen hin die Bewegung der Sonne gerichtet ist, oder des Apex der Sonnenbewegung. Die von ihm benutzten Fixsternparallaxen belaufen sich auf 72, doch sind davon drei sogleich ausgeschlossen worden, und bei einer Anzahl anderer wurden die Werte nur mit geringem Gewichte in die Rechnung eingeführt. Bei Bewertung des Gewichtes der Parallaxen für die einzelnen Sterne ist Prof. Newcomb sehr sorgfältig verfahren, natürlich aber ist eine ziemliche Willkür dabei unvermeidlich. Als Ergebnis der Berechnung und nach Ausschluss von drei Sternen, welche beträchtlich abweichende Resultate ergaben, fand sich für die Geschwindigkeit der Sonne im Mittel ein Wert von 30 *km* pro Sekunde, merklich der nämliche Wert, welcher für die Umlaufsbewegung der Erde stattfindet. Prof. Newcomb macht jedoch darauf aufmerksam, dass dieser Wert mit einem systematischen Fehler behaftet sein dürfte. Von den zur Parallaxenbestimmung ausgewählten Sternen sind nämlich etwa 40 wegen ihrer starken Eigenbewegung auf Parallaxe untersucht worden, während für die Zwecke der vorliegenden Untersuchungen Grösse sowohl als Richtung der Eigenbewegungen der Sterne möglichst gleichmässig verteilt sein müssten.

---

[1]) The Astronomical Journal **20.** No. 1. 1899.

Zur Bestimmung des Apex der Sonnenbewegung würden sich am besten Sterne eignen, die uns am nächsten stehen und geringe absolute Eigenbewegungen haben. Da es indessen kein Mittel giebt, diese Sterne als solche zu erkennen, so bleibt nur übrig, die Rechnung auf eine möglichst grosse Zahl von Sternen, ohne Rücksicht auf deren individuelle Eigenbewegungen, zu stützen. Prof. Newcomb giebt die Resultate seiner Rechnungen für die Bradley'schen Sterne, und zwar zunächst für diejenigen mit kleiner Eigenbewegung und nach Grössenklassen getrennt. In der folgenden Zusammenstellung bezeichnet R die durchschnittliche parallaktische Bewegung eines Sternes 90° vom Apex entfernt, also diejenige Bewegung, welche durch die Bewegung der Sonne scheinbar hervorgerufen wird.

Grössenklasse	R	Rektasc. des Apex	Dekl. des Apex	Zahl der Sterne	Gewicht
1.0—2.9	6.59"	263.1°	+31.7°	64	1
3.0—3.9	5.61"	262.7	26.8	135	2
4.0—4.9	3.47"	266.5	31.8	327	5
5.0—5 9	3.14"	268.5	32.0	731	11
6.0—6.9	2.81	277.4	30.6	1034	16
7.0 u. darüber	2.86	278.2	+33 6	236	4

Als mittleres Resultat aus allen Sternen mit schwachen Eigenbewegungen findet sich für die Position des Apex der Sonnenbewegung: Rektasc. 272.5°, Dekl. + 31.3°. Die (644) Sterne von starker Eigenbewegung ergaben als Mittel aller Grössenklassen: R = 16.7", Rektasc. des Sonnenapex 276.9°, Dekl. + 31.4°. Die Zunahme der Rektascensionen in den Werten, die aus den Sternen der einzelnen Grössenklassen abgeleitet sind, ist merkwürdig, während die Deklinationen gut übereinstimmen. Die vollständigste Diskussion über die Sonnenbewegung auf Grund der Sterne von grosser Eigenbewegung hat Stumpe veröffentlicht,[1]) nebst einem Nachtrage dazu.[2]) In dem letztern finden sich folgende Zusammenstellungen der Werte für den Zielpunkt der Sonnenbewegung aus den Eigenbewegungen der Sterne verschiedener Grössen:

Grössenklasse	Rektasc.	Dekl.	Zahl der Sterne
1 —5.5	263.8°	+31.1°	284
5.6—7.5	290.7	37.5	473
7.6 u. schwächer	286.7	46.9	238

Die Zunahme des Wertes für die Deklination des Apex mit der Grössenklasse der Sterne ist ebenso merkwürdig, wie oben die Zunahme der Rektascension, ohne dass man dafür eine bestimmte Ursache angeben könnte. Prof. Newcomb findet aus den Stumpeschen Resultaten, wenn die Gewichte im Verhältnisse der Anzahl der Sterne angenommen werden, bei Klassifikation gemäss der Grösse als Ort des Apex:

Rektasc. = 283.1°, Dekl. + 38.7°.

Die Klassifikation gemäss der Eigenbewegung giebt dafür im Mittel: Rektasc. = 281.8°, Dekl. + 40.7°.

---

[1]) Astr. Nachr. No. 2999—3000.
[2]) Astr. Nachr. No. 3348.

Die Differenz bestätigt nur die Unsicherheit des ganzen Resultats. Boss hat[1]) aus 279 Sternen der Albany-Zone als Zielpunkt der Sonnenbewegung abgeleitet: Rektasc. 283.3°, Dekl. + 44.1°, während sich bei Reduktion auf das Normalsystem der Deklinationen von Newcomb für die Deklination des Apex ergiebt: + 42.9°.

Indem Prof. Newcomb den vorstehend angeführten Ergebnissen Gewichte beilegt, die proportional der Zahl der Sterne sind, auf denen sie beruhen, findet er als wahrscheinlichsten Wert für den Apex der Sonnenbewegung:

$$\text{Rektasc. } 277.5^0 = 18^h\,30^m, \text{ Dekl. } + 35^0$$

und schlägt die Unsicherheit desselben auf 3—4° an.

Schliesslich kommt er zu dem Ergebnisse, dass der von Prof. Kapteyn aus der von Vogel bestimmten Eigenbewegung einer Anzahl Sterne in der Gesichtslinie zur Erde abgeleitete Wert der Sonnengeschwindigkeit im Raume der Wahrheit am nächsten kommt. Dieser Wert giebt pro Jahr 3.5 Erdbahnhalbmesser oder 16.4 *km* pro Sekunde. Als wahrscheinlichsten Wert der durchschnittlichen Parallaxe der Sterne 2.0 Grösse findet er 0.035″.

Bereits früher[2]) hat H. Kobold aus der Verteilung der Pole der Eigenbewegung von 1579 Sternen des Auwers-Bradleyschen Katalogs und des Auwers'schen südlichen Fundamentalkatalogs das Resultat abgeleitet, dass der Zielpunkt der Bewegung unseres Sonnensystems in Rektascension 269° 40.8′ und — 0° 1.4′ Deklination liege. Er hat nun dieses Ergebnis durch neue von verschiedenen Gesichtspunkten aus geführte Rechnungen geprüft und findet dadurch die Existenz einer gemeinsamen Sternbewegung bestätigt, die am leichtesten durch die Annahme einer Bewegung der Sonne gegen den Punkt von AR = 270.4°, D = — 0.2° zu erklären sei. Dieser Punkt würde hiernach der Zielpunkt der Sonnenbewegung an der Himmelssphäre sein. Ob aber die berechnete Grösse dieser Bewegung im Betrage von 0.066″ für die mittlere Entfernung der Sterne sechster Grösse — oder von 0.51″ für die mittlere Entfernung der Sterne erster Grösse bei Anwendung der L. Struve'schen Entfernungen — sich einigermassen der Wahrheit nähert, scheint Dr. Kobold sehr fraglich. Vielmehr neigt er der Ansicht zu, dass die erlangten Ergebnisse zu dem Schlusse drängen, dass ohne eine bessere Kenntnis der Entfernungen und ohne Einführung einer Hypothese über die eigenen Bewegungen der Sterne eine befriedigende Darstellung der beobachteten Grösse der Bewegungen nicht zu erzielen ist.

---

[1]) The Astronomical Journal 9. No. 213.
[2]) Nova Acta der Kaiserl. Leop. Carol. Deutschen Akademie 64. Astr. Nachr. No. 3435.

Planeten.

Planetoiden-Entdeckungen 1898. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann [1]) sind folgende Planeten aus der Gruppe zwischen Mars und Jupiter 1898 entdeckt worden:

(429)	DL	entdeckt	1897	Nov. 23	von	Charlois, Nizza,	
(430)	DM	»	»	Dez. 18	»	»	»
(431)	DN	»	»	Dez. 18	»	»	»
(432)	DO	»	»	Dez. 18	»	»	»
(433)	Eros	»	1898	Aug. 13	»	Witt, Berlin,	
(434)	Hungaria	»	»	Sept. 11	»	Wolf, Heidelberg,	
(435)	DS	»	»	Sept. 11	»	Wolf und	Heidelberg,
(436)	DT	»	»	Sept. 13	»	Schwassmann	
	EC	»	»	Okt. 13	»	Coddington, Mt. Hamilton.	

»Eine Nummer hat der Planet EC noch nicht erhalten, weil es nicht ausgeschlossen ist, dass noch mehrere der vor ihm, ausser den oben genannten, aufgefundenen kleinen Planeten in die Liste werden aufgenommen werden können. Es wurden nämlich als vermutlich neue noch aufgefunden die Planeten DP, DU, DV, DW, DX, DY, DZ, EA, EB und ED.

Die Hauptelemente, welche für die Bahnen der neuen Planeten ermittelt wurden, sowie die nachträglich bekannt gegebenen Elemente des Planeten (426) und die Elemente einiger vorläufig als kreisförmig berechneten Bahnen lauten:

	☊	i	φ	a	Berechner
(426)	311° 58.4′	19° 37.7′	5° 53.9′	2.89	Pourteau
(429)	223 9.9	13 47.1	—	2.83	Charlois
(430)	249 49.8	14 33.4	14 55.9	2.83	Berberich
(431)	117 6.9	1 49.0	9 43.5	3 12	Pokrowsky
(432)	88 33.7	12 8.1	8 27.9	2.37	Berberich
(433)	303 32.0	10 50.2	12 52.2	1.46	Chandler
(434)	174 37.9	22 33.6	4 14.7	1.95	Berberich
(435)	22 59.1	1 50.9	8 56.2	2.45	»
(436)	352 0.8	18 37.8	4 41.6	3.19	»
(EC)	292 16.5	1 35.8	6 17.0	2.21	Coddington
(DY)	216 46.3	3 15.9	—	3.03	Berberich
(DZ)	239 40.8	3 53.0	—	2.53	»
(EA)	227 33.1	27 23.7	—	3.65	»

Unter diesen Elementen fallen schon auf den ersten Blick diejenigen des Planeten (433) Eros auf, welche mit einer Halbachse, die noch um 0.064 astronomische Einheiten kleiner als die mittlere Entfernung des Mars von der Sonne ist, die innern dem Planetoidenringe bisher zugeschriebenen Grenzen uns erheblich enger zu ziehen nötigen. Trotzdem reicht die Bahn wegen ihrer grossen Exzentrizität in diesen Ring hinein, so dass der Planet (433) in seinem Aphel weiter von der Sonne entfernt ist als beispielsweise in ihrem Perihel die Planeten (290), (341), (344), (391), (413), (422) u. a. Anderseits wird er aus demselben Grunde unter günstigen Umständen der Erde ausserordentlich nahe gebracht; in den Perihel-Oppositionen

[1]) Vierteljahrsschrift d. Astr. Ges. 34. p. 67.

(Januar 21) beträgt der Abstand des Planeten von der Erde nur 0.15, beläuft sich aber auch in den Aphel-Oppositionen (Juli 24) nur auf 0.77 Einheiten. — Noch ein zweiter der neuen Planeten, (434) Hungaria, besitzt eine kleinere mittlere Entfernung von der Sonne als sämtliche bisher bekannten kleinen Planeten; da indessen seine Exzentrizität nicht sehr gross ist, wird sein kleinster Abstand von der Erde in der Opposition (Juli 21) nicht unter 0.90 Einheiten herabgehen.

Anderseits zeichnen sich durch zeitweise grosse Annäherung an Jupiter aus die Planeten:

(430) mit $\Delta_0 = 1.80$
(431) » $\Delta_0 = 1.67$
(436) » $\Delta_0 = 1.64$

wo Δ_0 die kleinste Entfernung vom Jupiter, welche der Planet in seinem Aphel erreichen kann, bedeutet.

Bemerkenswert durch grosse Deklinationen, welche sie in ihrer Opposition erreichen können, sind endlich die Planeten:

(426) mit $\delta =$	$+47.8°$	(Ende November)
	-48.9	(Ende Mai)
(433) mit $\delta =$	$+63.2$	(Anfang Dezember)
	-44.0	(Anfang Juni)
(436) mit $\delta =$	$+50.2$	(Mitte Dezember)
	-50.0	(Mitte Juni).

Ähnlichkeiten der Bahnelemente zeigen sich bei folgenden Planeten:

	☊	i	φ	a
(432)	☊ = 88.6°	i = 12.1°	φ = 8.5°	a = 2.366
(347)	85.9	11.7	9.6	2.611
(435)	☊ = 23.0	i = 1.8	φ = 8.9	a = 2.452
(126)	23.3	2.9	6.1	2.439
EC	☊ = 292.3	i = 1.6	φ = 6.3	a = 2.214
(142)	291.9	2.2	7.7	2.418

Planeten-Entdeckungen 1899. In diesem Jahre sind folgende kleine Planeten aufgefunden und provisorisch bezeichnet worden:

Planet 1899	EE	entdeckt am	15. Febr.	von	Wolf in Heidelberg,
» »	EF	» »	17. »	»	Wolf u. Schwassmann in Heidelberg,
» »	EG	» »	2. März	»	» » » » »
» »	EJ	» »	3. »	»	» » » » »
» »	EL	» »	31. »	»	Coggia in Marseille,
» »	EM	» »	5 April	»	Witt in Berlin,
» »	EO	» »	17. Juli	»	Wolf u. Schwassmann in Heidelberg,
» »	ER	» »	27. Okt.	»	» » » » »
» »	ES	» »	27. »	»	» » » » »
» »	ET	» »	27. »	»	» » » » »
» »	EU	» »	31. »	»	» » » » »
» »	EV	» »	31. »	»	» » » » »
» »	EW	» »	4. Nov.	»	» » » » »
» »	EX	» »	2. Oct.	»	Coddington auf H. Hamilton,
» »	EY	» »	4. Dez.	»	Perrotin in Nizza.

Bauschinger macht folgende Mitteilungen [1]) über definitive Nummerierung und Identifizierung der neu gefundenen Planetoiden:

Die nachstehenden Planeten konnten nach Sicherung ihrer Bahn mit Nummern versehen werden:

(437)	1898	DP	entdeckt von	Charlois	1898	Juli	16
(438)	»	DU	» »	»	»	Nov.	8
(439)	»	EB	» »	Coddington	»	Okt.	13
(440)	»	EC	» »	»	»	»	13
(441)	»	ED	» »	Charlois	»	Dez.	8
(442)	1899	EE	» »	Wolf-Schwassmann	1899	Febr.	15
(443)	»	EF	» »	» »	»	»	17
(444)	»	EL	» »	Coggia	»	März	31

(439) 1898 EB hat den Namen Ohio erhalten.

Der Planet 1898 DP musste nachnummeriert werden, da nachträglich zahlreiche Beobachtungen veröffentlicht wurden, die eine gute Bahnbestimmung gestatteten; die Bahn wird demnächst von Berberich veröffentlicht werden.

Die im November 1898 von Wolf, Schwassmann und Villiger aufgefundenen Objekte DV, DW, DX, DY, DZ, EA sind nicht weiter verfolgt worden und müssen verloren gegeben werden; dasselbe gilt von 1899 EM (Witt, April 5), von dem infolge schlechter Witterung keine Beobachtungen mehr gelangen. 1899 EH ist auf Wunsch Wolf's gestrichen worden. Die Objekte 1899 EG (Wolf), EJ (Wolf), EK (Palisa) haben sich als identisch mit bez. (224) Oceana, (60) Echo, (222) Lucia herausgestellt.

Es ist Anlass gegeben, die Entdecker zu ersuchen, bei der Namengebung der kleinen Planeten von dem herkömmlichen Gebrauch, weibliche Namen zu wählen, nicht abzugehen; es ist dieser Gebrauch bisher nur einmal aus guten Gründen bei (433) Eros durchbrochen worden. Männliche Personennamen werden im Berliner astron. Jahrbuch keine Aufnahme finden.

Die relativen Helligkeiten der Planeten Mars und Jupiter nach Messungen mit einem neuen Photometer. Nach Dr. J. Hartmann's Angaben ist für das astrophysikalische Observatorium bei Potsdam ein Photometer konstruiert worden, welches die Messung von Flächenhelligkeiten gestattet. Der Grundgedanke dieses Photometers zur Bestimmung von Flächenhelligkeiten besteht darin, in der Mitte eines Lummer-Brodhun'schen Würfels durch ein Objektiv ein Bild des zu messenden Objektes und durch ein zweites Objektiv ein Bild eines Photometerkeiles zu entwerfen. Die besondere Konstruktion dieses Würfels gestattet dann, beliebig kleine Teile aus dem Bilde des Objektes auszuschneiden und mit grösster Sicherheit ihre Helligkeit mittels des Keiles zu messen. Setzt man den Würfel in die Bildebene eines Refraktors, so kann man mit dieser Vorrichtung direkt die Flächenhelligkeiten kleiner Teile von Planetenoberflächen

[1]) Astr. Nachr. No. 3570

und dergleichen messen. Bisher hat Dr. Hartmann den Apparat jedoch nur in Vereinigung mit zwei Mikroskopobjektiven in Anwendung gebracht, um die Dichtigkeit des Silberniederschlages auf sehr kleinen Gebieten photographischer Platten zu bestimmen.

Über das angewandte Messungsverfahren und seine physikalische Begründung muss das Original nachgesehen werden.[1])

Die ausgeführten Messungen beziehen sich auf die relative Helligkeit von Mond, Mars und Jupiter; die erste Reihe von Aufnahmen zur Vergleichung des Mond- und Marsspektrums wurde am 23. März 1899 gemacht und hierbei für die Wellenlängen 448.5 $\mu\mu$ bis 427.9 $\mu\mu$ eine zwischen 1.37 und 1.50 liegende Differenz der Grössenklassen beobachtet. Eine zweite Reihe von Spektren derselben beiden Himmelskörper wurde am 25. März erhalten und die Messungen zwischen den Wellenlängen 472.0 $\mu\mu$ und 412.0 $\mu\mu$ ausgeführt; aus den Ergebnissen der Ausmessungen wurden unter Berücksichtigung der Extinktionskoeffizienten die definitiven Werte für den Unterschied der Flächenhelligkeit von Mond und Mars berechnet und hierbei gefunden: im Mittel für die Strahlen der Wellenlänge 461.3 $\mu\mu$ war Mars 1.42 Grössenklassen schwächer als der Mond, für $\lambda = 439.8$ $\mu\mu$ war diese Differenz 1.48, und für $\lambda = 417.0$ $\mu\mu$ betrug sie 1.61 Grössenklassen.

Nach der gleichen Methode wurden am 24. Mai 1899 Vergleiche zwischen den Spektren des Mondes und Jupiters ausgeführt; sieben Spectra der beiden Himmelskörper wurden aufgenommen und die Helligkeit ähnlich wie beim Mars berechnet. Für die drei beim Mars berechneten Gruppen von Wellenlängen zeigte Jupiter folgende Differenzen der Grössen gegen den Mond bei λ 461.3 $\mu\mu$ war die Differenz 1.27, bei λ 439.0 $\mu\mu$ war sie 1.41 und bei λ 417.0 $\mu\mu$ war Jupiter um 1.47 Grössenklassen schwächer als der Mond. Hieraus ergiebt sich die Grössendifferenz zwischen den beiden Planeten zu bez. 0.15, 0.07 und 0.14; d. h. im blauen und violetten Teile des Spektrums ist Jupiter 0.12 Grössenklassen heller als Mars. Reduziert man diese Zahl auf die mittlern Entfernungen der beiden Planeten von der Sonne, so bleibt Jupiter nur noch um 0.02 Klassen heller als Mars, so dass die Flächenhelligkeit beider Planeten nahezu gleich wird. Es berechnet sich daraus das Verhältnis der Albedo des Mars zu der des Jupiter gleich 1 : 11.9.

Von Interesse ist noch eine Vergleichung der hier gefundenen relativen Albedo mit den Resultaten anderer Beobachter. Setzt man die Albedo des Mars = 1, so ergiebt sich:

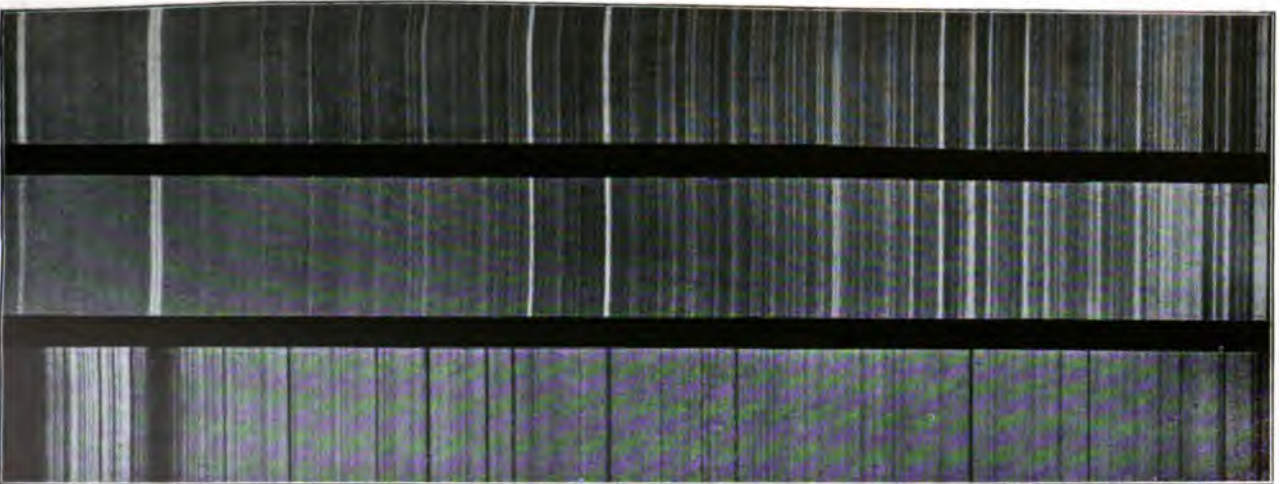
1. aus Prof. Müller's photometrischen Messungen für den optischen Teil des Spektrums:

Albedo des Jupiter = 2.8;

2. aus Dr. Hartmann's Messungen zwischen $\lambda = 476$ $\mu\mu$ und $\lambda = 411$ $\mu\mu$: Albedo des Jupiter = 11.9;

---

[1]) Sitzbr. d. Kgl. Preuss. Akademie 1899. p. 677.



Spektrum des Sonnenrandes bei der Finsternis am 22. Januar 1898. Aufgenommen von E. H. Hills.

Ed. Hch. Mayer, Verlag Leipzig.

Jahrbuch X. 1899. Tafel 1.

3. aus Prof. Lohse's frühern Aufnahmen, bei denen ausser dem von Dr. Hartmann gemessenen blauen und violetten Lichte auch noch als Ultraviolett zur Wirkung gelangte:

Albedo des Jupiters = 18.8.

Diese Zahlen zeigen deutlich, wie die Albedo des Jupiter diejenige des Mars für abnehmende Wellenlänge mehr und mehr übertrifft.

Der Planet 1898 Eros (433), ist auch auf mehrern photographischen Aufnahmen der Harvard-Sternwarte in Cambridge (N.-A.) aufgefunden worden. Die Nachforschung in dem reichen Plattenmateriale dieser Sternwarte war überaus mühevoll und schwierig, weil die Berechnung auf Grund der bisher bekannten Beobachtungen des Planeten, den Ort des letztern für mehrere Jahre vorher nicht genau genug verbürgen konnte. Infolgedessen wurde von Mrs. Fleming ein Plattenmaterial, welches am Himmel 1300 Quadratgraden entspricht, in Bezug auf alle kleinsten Sterne durchforscht, ohne eine Spur des Planeten zu finden. Endlich gelang es, auf einer Platte, die am 5. Juni 1896 aufgenommen worden war, ein feines Lichtpünktchen zu entdecken, und der Vergleich mit andern Platten, die am 4. und 5. Juni erhalten worden, bestätigte die Entdeckung. Auf Grund dieser und einer Platte vom 6. April vermochte Herr Chandler nunmehr die Position des Planeten so genau zu berechnen, dass dieser auf mehrern andern Platten bis zum Jahre 1893 mit Leichtigkeit gefunden wurde. Die Berechnung ergab, dass der Planet im Oktober 1893 10. Grösse war, aber bis gegen Mitte Januar 1894 bis zur 7. Grösse an Helligkeit zunahm; damals hätte er also mit einem Taschenfernrohre gesehen werden können. Bis März 1894 sank er wieder zur 9. Grösse, und im zweiten Drittel des April war er 10. Grösse. Die neue Bahnberechnung durch Dr. Chandler ergiebt als mittlere tägliche Bewegung des Planeten 2015″·2326, folglich als Umlaufsdauer 643.1 Tage. Die halbe grosse Achse der Bahn ist also = 1.4581, wenn die halbe grosse Achse der Erdbahn = 1.0000 gesetzt wird. Die halbe grosse Achse der Marsbahn ist = 1.5237, so dass also die ersten Angaben, welche Dr. Berberich über die Bahn dieses Planeten auf Grund seiner vorläufigen Rechnungen machte, völlig bestätigt werden.

Der Entdecker dieses Planeten, Dr. G. Witt, wies darauf hin, es sei angebracht, diesen Planeten wegen der Abnormität seiner Bahn nicht mit der fortlaufenden Nummer der kleinen Planeten zu bezeichnen. Dieser Vorschlag ist indessen bei den Astronomen auf vielfachen Widerspruch gestossen, und Dr. J. Bauschinger, der Vorsteher des astronomischen Recheninstitutes in Berlin, hat diese Ablehnung in folgender Weise motiviert: »Der Planet 1898 DQ gehört zur Gruppe der »kleinen Planeten«. Hierfür spricht: 1. die Lage seines Aphels, die ihn bis auf 0.17 astr. Einheiten an die bisherige innere Grenze des Ringes heranbringt und ihn als ver-

sprengtes Glied der Hauptgruppe hinstellt, das zu dieser in einem ähnlichen Verhältnisse steht, wie z. B. der Florring des Saturn zum Hauptringe; ferner 2. der Umstand, dass die Marsbahn auch bisher schon nicht wohl als innere Grenze des Planetoidenringes betrachtet werden konnte, da einige Perihele innerhalb derselben liegen; weiter 3. dass die Wahrscheinlichkeit, dass die jetzt bestehende Lücke im Planetoidenringe zwischen Eros und Hungaria durch Neuentdeckungen einiger Zwischenglieder überbrückt werde, entschieden grösser ist, als die, dass völlig innerhalb der Marsbahn gelegene Planeten aufgefunden werden, die mit Eros eine besondere Gruppe bilden könnten; endlich 4. dass der Mars vermöge seiner sehr kleinen Masse und der grossen Exzentrizität seiner Bahn, die ihm selbst mehr den Charakter eines kleinen Planeten aufprägen, überhaupt wenig geeignet ist, als innerer Grenzstein einer zahlreichen weit ausgedehnten Gruppe zu dienen. In dieser letztern Hinsicht ist entschieden die Erde geeigneter, und es würde sich jetzt, nach der denkwürdigen Entdeckung des Eros, meines Erachtens empfehlen, vom »Planetoidenringe zwischen Erde und Jupiter« zu sprechen.«

Durchmesser und Abplattung des Mars. Prof. W. Schur hat im Anschluss an seine frühern Messungen bei Gelegenheit der Marsopposition von 1896 auch die diesjährige Opposition dieses Planeten benutzt, um Durchmesser und Abplattung desselben durch Heliometermessungen möglichst scharf zu ermitteln[1]). Er findet aus beiden Messungsreihen als durchschnittlichen Wert für die mittlere Entfernung des Mars von der Sonne:

Äquatorialdurchmesser	9.55"
Polardurchmesser	9.35
Abplattung	$^1/_{50}$

Diese Abplattung ist erheblich grösser als die von Hermann Struve theoretisch aus den Bewegungen der Apsiden des Trabanten Phobos und Deimos abgeleitete ($^1/_{190}$). Indessen sind die Positionen dieser Monde, wie Prof. Schur hervorhebt, doch auch durch Beobachtungen, in welchen die Einstellung auf verschiedenen Punkten des Umfanges der Marsscheibe erfolgt, ermittelt worden, bei denen ähnliche Fehler, wie bei den Heliometermessungen, entstehen können. Dazu kommt, dass bei der gegenwärtigen Opposition die nördliche Polarzone infolge der Schneebedeckung sehr hell glänzte, was dazu beiträgt, den Polardurchmesser durch Irradiation zu vergrössern, also den Wert für die Abplattung zu verringern. Es besteht also vorläufig eine nicht abzuleugnende Differenz zwischen der thatsächlich gemessenen und der theoretisch berechneten Grösse der Abplattung des Mars.

Rotationsdauer des Mars. W. F. Denning bemerkt[2]), dass er 1869 im Februar den Mars wiederholt beobachtet habe und in

[1]) Monthly Notices 1899. 59. No. 6. p. 330.
[2]) The Observatory No. 279. p. 195.

verschiedenen Nächten die Zeit notiert habe, wenn der unter dem Namen Syrtis major bekannte Fleck zentral auf der Scheibe stand. Eine der besten Beobachtungen geschah damals am 4. Februar, wo der bezeichnete Fleck um 11^h mitten auf der Scheibe stand. Im Jahre 1884 fand Denning die gleiche Stellung des Fleckes, am 14. Februar 5^h 55^m und 1899 am 7. März 8^h 31^m. Von 4. Februar 1869 11^h bis 7. März 1899 8^h 31^m sind 10987 Tage 21^h 31^m verflossen, während deren Mars 10710 Umdrehungen gemacht hat. Die Dauer jeder Umdrehung beträgt also 24^h 37^m 22.70^s. Von frühern Bestimmungen ist jene von F. Kaiser (1873) zu erwähnen, der für die Umdrehungszeit des Mars fand: 24^h 37^m 22.591^s, Jul. Schmidt (1873), welcher sie zu 24^h 37^m 22.57^s bestimmte, und H. G. van de Sande Bakhuyzen, der dafür 22^h 37^m 22.66^s fand. Die drei letztern verglichen ihre Beobachtungen mit den ältern von Huygens, Hooke und Cassini. Sonach kann man annehmen, dass die wahre Rotationsdauer des Mars von dem Werte 24^h 37^m 2.65^s nur um einige Hundertstel der Sekunde abweichen wird.

Helle Hervorragung an der Lichtgrenze des Mars. Eine solche hat J. Gledhill bei sehr guten Bildern an einem 9-zolligen vorzüglichen Refraktor am 24. Januar 1899 beobachtet[1]). Sie erschien als rundliche Projektion und so hell, wie die Scheibe nahe der Lichtgrenze, ihr Durchmesser war etwa 0.5″. Sie blieb 1^h lang sichtbar, von 9.5^h—10.5^h, und war um 11^h und 12^h nicht mehr wahrzunehmen.

Die Wasserverhältnisse auf dem Mars. Über die viel diskutierte Frage nach den Wasserverhältnissen auf diesem Planeten verbreitete sich William H. Pickering eingehend.

Er bemerkt[2]), dass 1894 zur Zeit des Sommers für die südliche Hemisphäre des Mars P. Lowell die sogenannten Meere desselben von grünblauer Farbe fand, während sie ihm selbst zur gleichen Zeit und an den nämlichen Instrumenten nur grau erschienen. Indessen sah er 1890 zur Frühlingszeit der südlichen Marshälfte die angeblichen Meere brillant grün und ebenso 1892 zu Arequipa. In dem Masse aber, als die Jahreszeit auf dem Planeten fortschritt, verwandelte sich das Grün in ein monotones Grau, ähnlich wie er dies 1894 am Flagstaff-Observatorium wahrgenommen hatte. Gegen Schluss der Beobachtungen 1894 ging die graue Farbe allmählich in Gelblich über, und die meisten Flecke südlich von 50° südl. Br. wurden dadurch unsichtbar. Neuere Beobachtungen, etwas nach dem Herbstäquinoctium der südlichen Marshemisphäre, zeigen eine grünliche Färbung der Regionen zwischen 10° und 20° südl. Br., aber diese Färbung ist nicht so markiert, als das schöne Grün der südlichen gemässigten Zone während der Beobachtungen 1890.

---

[1]) Monthly Notices 1899. 59. No. 8. p. 497.
[2]) Bull. de la Soc. Astron. de France 1899. p. 171.

Die Verlängerung einzelner Kanäle in die sogenannten Meere hinein ist bereits 1892 von William Pickering zu Arequipa entdeckt worden, wo sie auch von W. Douglas gesehen wurde. Schon im August jenes Jahres schrieb ersterer, »einige gut entwickelte Kanäle durchschneiden die Ozeane«. Diese Kanäle waren schmal und gut definiert, auch wurden sie von beiden Beobachtern gesehen. Handelte es sich also um wassererfüllte Meeresbecken, so wären diese Kanalzüge unerklärlich. Sind dagegen die behaupteten Meere nur schwache Depressionen, etwa die Betten ehemaliger Ozeane, so ist kein Grund vorhanden, weshalb der Unterschied im Aussehen der fruchtbaren und sterilen Regionen auf dem Mars sich nicht sollte klar und deutlich für uns darstellen.

Es ist fast sicher und ziemlich allgemein angenommen, dass die Atmosphäre des Mars sehr wenig dicht ist. Von dem Augenblicke an, wo der Schnee an den Polen zu schmelzen beginnt, muss es am Äquator sehr warm sein. Unter diesen Umständen sollte man eine sehr intensive Verdampfung während des Tages erwarten und eine gleich rapide Kondensation des Wasserdampfes während der Nacht. In der That bildet dieser Vorgang wahrscheinlich die Zirkulation des Wassers auf dem Mars, wie solches die Anwesenheit des Schnees an den Polen bezeugt. Indessen, wenn dort grosse, freie Wasserflächen vorhanden wären, wie man bis jetzt im allgemeinen glaubt, weshalb sollte dann die Atmosphäre auf der Tagesseite des Planeten sich nicht häufig so sehr mit Wasserdampf sättigen, dass daselbst Wolken entständen? In Wirklichkeit sind aber auf dem Mars, abgesehen von der Lichtgrenze, Wolken überaus selten, während wir sie sehr häufig wahrnehmen müssten. Wenn ferner daselbst Wasser in grossen Mengen vorhanden wäre, wie kommt es, dass der Mars nicht mit ebenso schweren Eiskalotten an den Polen bedeckt ist wie die Erde? Ist es nicht auffallend, dass bei seiner grossen Entfernung von der Sonne der Polarschnee im Sommer völlig fortschmilzt, während er auf der Erde, welche der Sonne um so viel näher ist, dauernd bleibt? »Wenn dagegen nach meiner Hypothese,« fährt William H. Pickering fort, »Wasser auf dem Mars nur in geringer Menge vorhanden ist und vor allem durch Verdampfung und Kondensation verteilt, so muss dort ein excessives Klima herrschen mit sehr heissen Tagen und kalten Nächten. Die Polarkalotten würden hiernach in Wirklichkeit nicht Schneezonen sein, sondern mehr von einer Art Reif bedeckte Regionen, so dass es sich nicht um Schneebedeckung von vielen Metern Höhe, sondern nur höchstens um dünne Schichten, die im allgemeinen nur den Bruchteil eines Meters Höhe besitzen, handelt. Wenn ferner Mars, wie es wirklich der Fall ist, eine Atmosphäre besitzt, so muss der Himmel dort am Tage mehr oder weniger hell sein und sein Licht von den Meeresflächen reflektiert werden. Er muss daher in allen Richtungen, mit Ausnahme der vertikalen, polarisiert erscheinen.« Pickering hat nun in Arequipa wiederholt die Oberflächen der an-

geblichen Meere mit einem Doppelbildprisma untersucht und ebenso zu Flagstaff mit einem Polariskop nach Arago, welches empfindlicher ist. Zu Arequipa glaubte er ein- oder zweimal einige Spuren von Polarisation in einem aussergewöhnlich dunklen Teile der Syrtis magna zu erkennen. Da dies zu einer Zeit kurz nach dem Schmelzen der Polarkalotte geschah, so ist es möglich, dass dort eine sumpfige Region vorhanden war. »Indessen,« sagt Pickering, »bin ich dessen nie sicher gewesen, und zu Flagstaff habe ich mit Hilfe eines sehr viel empfindlichern Instrumentes niemals die geringste Spur von Polarisation wahrgenommen, gleichgültig, welches »Meer« untersucht wurde. Gleichzeitig aber zeigte die blauschwarze Fläche rings um die Polarkalotte, wo diese in raschem Zusammenschwinden war, sehr deutliche Polarisation, was mich in der Überzeugung bestärkt, dass diese Erscheinung wirklich durch die Gegenwart von Wasser verursacht wird. Ich bin daher zu dem Glauben gelangt, dass die sogenannten Meere des Mars nichts anderes sind als ausgedehnte Flächen, welche von Vegetation bedeckt werden, und dass die Kanäle sehr schmale Vegetationsgebiete sind, welche sich rechts und links aus uns unsichtbaren Wasserläufen entwickeln. Die rötlich scheinenden Flächenteile des Planeten sind Wüsten, deren Ausdehnung infolge des Wassermangels bedeutend grösser ist als diejenigen unserer irdischen Wüsten. — Die beiden Beobachtungsstationen zu Arequipa und Flagstaff liegen beide in hohen und öden Regionen der Erde und besitzen folglich, bei ihrer Lage nahe der Tropenzone, einen für astronomische Untersuchungen überaus günstigen Himmel. Unter diesen Verhältnissen glaube ich, dass wir, mein Mitbeobachter und ich, den Planeten Mars unter günstigern Verhältnissen beobachtet haben als irgend ein anderer Astronom. Ich konstatiere dies, weil ich Wert darauf lege, daran zu erinnern, dass ich niemals die Marskanäle doppelt gesehen habe, und ich glaube, dass Douglas, der mit mir in Arequipa und Flagstaff war, der nämlichen Meinung ist, obgleich ich bezüglich seiner nicht autorisiert bin, mich zu äussern.«

Eine neue Erklärung der Verdoppelung der Marskanäle giebt Dr. N. Herz. Er sagt: Cerulli erklärt die Marskanäle als Truglinien, entstanden dadurch, dass »das Auge unwillkürlich darnach strebt, eine möglichst einfache Anordnung in die hier und da verteilten und durch die Unvollkommenheit der optischen Hilfsmittel schlecht voneinander trennbaren Hauptflecke zu bringen«. Hiergegen spricht einmal die ausserordentliche Konstanz der Flecke, anderseits auch lässt sich für die so rätselhafte Verdoppelung eine sehr einfache Erklärung geben, die einer verhältnismässig einfach anzustellenden Beobachtung entnommen ist.

Bringt man in einem vollständig verdunkelten Kämmerchen in einer Wand ein Fensterchen an und befestigt an der gegenüberliegenden Wand ein Relief, beleuchtet dann dieses Relief von aussen und sieht in das Fenster (also in der Richtung der Beleuchtung,

d. i. nahe normal auf das Relief), so wird man punkt- oder linienförmige Erhebungen hell sehen, in dem Falle aber, dass die Strahlen in dem Kämmerchen ein ziemlich dichtes, stark lichtbrechendes Medium zu durchlaufen haben, werden die glänzenden Punkte und Streifen dunkel umrandet, also Bergadern als parallele dunkle Linien erscheinen.

Der Versuch ist leicht anzustellen: Das kleine Kämmerchen ist das Auge, das Fenster die Pupille, das Relief der Augenhintergrund; die Beobachtung wiederholt binnen wenigen Stunden alle Details, welche die Marsbeobachtung im Laufe der Jahre geboten hat. Anfangs sieht man so gut wie nichts, später ein verwaschenes Bild; allmählich tritt bei klaren Augenmedien ein immer deutlicheres Bild hervor, und dann sieht man die hellern Arterien und später auch die dunklern Venen in der Form von durch scharfe helle Streifen getrennten dunklen Doppellinien.

Der Anblick erscheint, abgesehen von lokalen pathologischen Veränderungen im ganzen verändert: a) bei Trübung der Augenmedien und b) bei allgemeinen Gefässverengerungen, indem die stark verengten Gefässe meist einfach erscheinen.

Hieraus kann man schliessen, dass die Verdoppelung eine unter gewissen Bedingungen auftretende optische Erscheinung ist, nämlich das Auftreten eines glänzenden Kammes auf einfachen Bergadern.

Die hierzu notwendigen Bedingungen sind:

1. Nebst guten Instrumenten eine hinreichende Übung;

2. klare ungetrübte Medien, welche der Lichtstrahl zu passieren hat;

3. nahe senkrechte Inzidenz und Reflexion, welche sich in der Abhängigkeit des Auftretens der Verdoppelung von der Stellung der Marsachse gegen den Beobachter manifestiert;

4. ein genügend dichtes oder genügend dickes brechendes Medium, durch welches die an den beiden Abhängen reflecktierten Lichtstrahlen so abgelenkt werden, dass sie von Punkten zu kommen scheinen, die vom Gipfel weiter entfernt sind, wodurch die Abhänge dann dunkler erscheinen;

5. eine gewisse Höhe des Reliefs, welche für eine genügende Ablenkung der Strahlen erforderlich ist. Nimmt man die Grösse des Bulbus zu 24 *mm*, die Dicke der Gefässe, welche noch deutlich doppelt gesehen werden, zu 0.05 *mm*, so würde daraus folgen, dass für das Zustandekommen dieser Erscheinung eine Erhebung von $^1/_{500}$ des Durchmessers nötig wäre; für die Höhe der Marsberge würde hiernach ceteris paribus der jedenfalls nicht unwahrscheinliche Betrag von 13 *km* folgen.

Endlich folgt hieraus, dass der Mars wahrscheinlich eine ziemlich dichte Atmosphäre besitzt.

Die hauptsächlichsten Strömungen auf der Jupiter-Oberfläche. A. Stanley Williams hat bereits vor einiger Zeit[1]) neun

[1]) Monthly Notices **56**. p. 143.

verschiedene Strömungen aufgezählt, die nach seiner Ansicht permanente Erscheinungen an der Oberfläche des Jupiter sind. Er schlägt nunmehr vor[1]) dieselben mit kurzen charakteristischen Namen zu bezeichnen.

Die wichtigste Strömung ist unzweifelhaft diejenige, welche die äquatoriale Region des Jupiter zeigt und als Äquatorialströmung bekannt ist. Nördlich von ihr ist die nördliche tropische Strömung, und noch nördlicher als diese eine schmale Strömung, die in Beziehung zu dem nördlichen Streifen steht und als nördliche gemässigte Strömung bezeichnet wird, jenseits derselben wird die Nordströmung unterschieden. Südlich von dem Äquatorialstreifen findet sich die breite südlich-gemässigte Strömung und noch südlicher die Südströmung. Die Grenzen dieser Strömungen, in Beziehung auf die Streifen, verändern sich von Zeit zu Zeit. Es ist sehr fraglich, ob ausser der Äquatorialströmung überhaupt bestimmt unterscheidbare Strömungen auf dem Jupiter anzunehmen sind.

Periodische Änderungen der Färbung der beiden Äquatorialstreifen des Jupiter sind von Stanley Williams nachgewiesen worden.[2]) Seit 1879 auf die Veränderlichkeit dieser Farbe durch eigene Beobachtungen aufmerksam geworden, hat er alle vorhandenen Aufzeichnungen der Beobachter darüber gesammelt und diskutiert. Zur Bezeichnung des Grades der roten Färbung hat er eine Skala aufgestellt, die von 1—10 reicht, und in der die schwächste noch eben bemerkbare rote Färbung durch 1, die stärkste, wie solche der rote Fleck in seiner grössten Intensität zeigte, mit 10 bezeichnet wurde. Die Wertangaben der einzelnen Beobachter über die Farbe der Jupiterstreifen wurden nun thunlichst auf diese Skala reduziert und auf diese Weise Zahlenwerte für die Färbung erhalten, die sich rechnerisch behandeln liessen. Es ist dies dieselbe Methode, welche zuerst Dr. Klein und ihm folgend Julius Schmidt bei Untersuchung der Sternfarben angewendet haben. Die Angaben über Färbung der Jupiterstreifen sind, von Gruithuisen abgesehen, erst seit 1869 zahlreicher, besonders aber seit 1878. Stanley Williams hat die abgeleiteten Zahlenwerte sowohl für den nördlichen als den südlichen Streifen graphisch in Gestalt von Kurven dargestellt und gefunden, dass sie innerhalb eines Zeitraumes von nahezu zwölf Jahren eine deutliche Veränderung der Intensität von einem Minimum zu einem Maximum zeigen, und zwar fällt die intensivste Färbung des südlichen Äquatorialstreifens zusammen mit der schwächsten des nördlichen und umgekehrt. Der Gegensatz der Färbung für beide Streifen ist bisweilen ausserordentlich beträchtlich, so dass man trotz der Schwierigkeit und der Unsicherheit der einzelnen Angaben nicht wohl an der Thatsache selbst zweifeln kann. Die beobachteten Zeiten

---

[1]) a. a. O. 59. p. 33.
[2]) Monthly Notices 59. No. 7. p. 376. 1899.

der stärksten und schwächsten Färbung (also die Maxima und Minima) der Streifen sind nach Stanley Williams folgende:

nördliche Streifen		südliche Streifen
Minimum	1836.36	Maximum
Maximum	1843.50	Minimum
Maximum	1867.70	Minimum
Minimum	1873.22	Maximum
Maximum	1879.72	Minimum
Minimum	1884.03	Maximum
Maximum	1891.72	Minimum
Minimum	1897.25	Maximum

Sind auch diese Zeitangaben der Natur der Sache nach keineswegs bis auf Bruchteile des Jahres genau, so geht aus ihnen doch so viel hervor, dass die Periode des Farbenwechsels nahezu zwölf Jahre beträgt, und da die Umlaufszeit Jupiters 11.9 Jahre ist, so darf man schliessen, dass die obige Periode dieser Umlaufsdauer gleich kommt. Sonach würde also der Farbenwechsel der Streifen einer Einwirkung der Sonne zuzuschreiben sein, ein Ergebnis, das um so merkwürdiger ist, als die Sonne sich für den Jupiter nie weit von der Ebene des Äquators entfernt. Gegenwärtig sind beide Streifen ziemlich gleichmässig rot, gegen 1903 wird der nördliche am intensivsten, der südliche am schwächsten gefärbt erscheinen.

Bestimmungen der Durchmesser der vier Jupitersmonde hat M. Hamy ausgeführt,[1]) indem er sich der Beobachtung der Interferenzfransen bediente, auf die zuerst Fizeau[2]) aufmerksam machte, und deren Theorie später Michelson vollständig entwickelte.[3]) Die Beobachtungen wurden im Sommer 1898 mit dem grossen Aequatorial coudé der Pariser Sternwarte ausgeführt und sind zunächst als vorläufige zu betrachten. Im Mittel ergab sich für die scheinbaren Durchmesser in der mittlern Entfernung des Jupiter von der Sonne:

Satellit	I	II	III	IV
Durchmesser	0.98"	0.87"	1.28"	1.31"

Der Wert für den vierten Satelliten ist unsicher und wahrscheinlich zu gross, da wegen der Lichtschwäche der Interferenzfransen die Beobachtungen schwierig waren. Im Jahre 1891 hatte Michelson[4]) für diese Satelliten folgende Durchmesser gefunden:

Satellit	I	II	III	IV
	1.02"	0.94"	1.37"	1.31"

Der fünfte Mond des Jupiter ist in den Monaten März und April 1898 von Prof. Barnard am 40zölligen Refraktor der Yerkes-Sternwarte in fünf Nächten anhaltend beobachtet worden, ebenso

1) Bull. Astronomique 16. p. 257.
2) Compt. rend. 66.
3) American Journal of Science 39.
4) Nature 45.

1899 im April und Mai in vier Nächten. Aus der Vergleichung dieser Messungen mit denjenigen im September 1892 ergiebt sich ein sehr genauer Wert für die Umlaufsdauer des Trabanten. Dieselbe findet sich im Mittel zu $11^h\,57^m\,22.647^s$, und dieser Wert ist wahrscheinlich bis auf 0.01^s genau.[1])

Spektrum der Saturnsringe. Im roten Teile des Saturnspektrums erscheint ein starker dunkler Streifen, nach Vogel nahe bei der Wellenlänge 6183, während er nach demselben Beobachter im Spektrum des Saturnsringes fehlt oder doch nur äusserst schwach ist. Prof. J. Keleer vermochte 1889 am 36 Zoller der Lick-Sternwarte keine Spur dieses dunklen Streifens im Spektrum der Ringe zu sehen.[2]) Im August 1898 bot sich eine günstige Gelegenheit, am 40 zolligen Yerkes-Refraktor photographisch nach diesem Streifen zu suchen. Die »Erythro«-Platten der Internationalen Color-Photo-Comp. zu Chicago, welche für das Yerkes-Observatorium geliefert werden, sind auch für die roten Strahlen des Spektrums so empfindlich, dass die Spektra von Sternen 5. Grösse sich darauf bis zu $H\alpha$ darstellen. Am 18. August wurde mittels einer solchen Platte das Spektrum des Saturn am grossen Refraktor aufgenommen. Es konnte wegen der Stellung des Planeten nicht lange exponiert werden, weshalb nur eine schwache Dispersion angewandt wurde, und die $7^1/_2$ malige Vergrösserung des Originalnegativs keine sehr scharfen Linien zeigt. Im Spektrum der Saturnskugel erscheint das dunkle Absorptionsband deutlich, aber keine Spur desselben ist im Spektrum des Ringsystems zu sehen. Damit ist bewiesen, dass die Atmosphäre, welche den Saturn umgiebt, seinem Ringe fehlt. Auch zeigt die Photographie nichts von den hellen Linien, welche Lockyer im Saturnspektrum erkannt haben will.[3]) Eine photographische Aufnahme des Jupiterspektrums zeigt das dunkle Band aber weniger intensiv als im Spektrum der Saturnskugel.[4])

Die Bewegungen der Saturnsmonde sind von Dr. Hermann Struve durch systematische Beobachtungen am 30 zolligen Refraktor zu Pulkowo und eingehender Diskussion derselben untersucht worden. Die Ergebnisse dieser grossen Arbeit liegen im 11. Bande der Publikationen des Zentralobservatoriums zu Pulkowo der wissenschaftlichen Welt vor. Die Beobachtungen begannen schon bald nach Aufstellung des neuen 30 Zollers und wurden in der Hauptsache durch Messung der gegenseitigen Stellung je zweier Trabanten ausgeführt, Messungen, die ausserordentlich genaue Resultate liefern, allerdings auch behufs Ableitung der Bahnelemente einen sehr grossen

---

[1]) Astrophys. Journal 9. No. 5. p. 360. 1899.
[2]) Astron. Nachr. No. 2927.
[3]) Astron. Nachr. No. 2881.
[4]) Bull. of the Yerkes Observ. of the Univ. of Chicago No. 5. Astrophys. Journal 9. No. 3. p. 185.

Rechnungsaufwand erfordern. Bei den Trabanten Rhea und Titan wurden ausserdem direkte Messungen der Abstände von den Saturnsrändern ausgeführt und durch geeignete Anordnung derselben auch Bestimmungen des Saturnsdurchmessers erhalten. Diese sind um so wichtiger, als gerade bezüglich der Grössenverhältnisse des Saturn und seines Ringsystems die sämtlichen bis jetzt vorliegenden Messungen beträchtlich voneinander abweichen. Bessel's höchst sorgfältige und drei Jahre hindurch fortgesetzte Messungen ergaben für die mittlere Entfernung des Saturn: Äquatorialdurchmesser 17.053″, Polardurchmesser: 15.381″; für den äussern Durchmesser des Saturnringes giebt er als Resultat von 44 Heliometermessungen: 39.311″. Von diesen Werten weichen selbst diejenigen eines Beobachters wie W. Struve um fast 0.9″ ab und diejenigen O. Struves 1851 und 1882 sind wiederum abweichend und auch unter sich nicht übereinstimmend; alle aber geben den Saturn und seinen Ring grösser als Bessel's Messungen. Die neuen Messungen der Positionen des Titan und der Rhea gegen die Ränder des Saturn, welche 1889—1892 erhalten wurden, lieferten[1]) im Mittel aus 93 Bestimmungen: Äquatorialdurchmesser: 17.471″, Polardurchmesser: 16.635″ und zeigten, dass bei den bessern Luftverhältnissen die Durchmesser stets kleiner ausfielen als bei ungünstigern.

Diese direkten Messungen sind offenbar konstanten Fehlern unterworfen, und eine indirekte Bestimmung der Grösse des Saturn aus der Dauer der Verfinsterungen von Trabanten desselben, welche von solchen konstanten Fehlern frei ist, kann daher ein beträchtliches Gewicht beanspruchen, vorausgesetzt, dass die Bahnen dieser Trabanten hinreichend scharf bekannt sind. Durch Struve's Arbeiten ist letzteres gegenwärtig der Fall, und er hat daher auf diesem Wege aus Verfinsterungen der Thetys, Dione und Rhea sehr übereinstimmende Werte für den Durchmesser des Saturn abgeleitet. Er findet als definitiven Wert aus diesen Beobachtungen für die Saturnskugel: Äquatorialdurchmesser: 17.500″, Polardurchmesser: 15.776″, Abplattung 0.0986, also wenig verschieden von den obigen. Auf demselben Wege ergab sich für den Durchmesser des Ringsystems 39.20″, während die direkten Messungen 39.78″, mehrere indirekte 39.27″ ergaben, so dass der definitive Mittelwert 39.35″ in sehr guter Übereinstimmung mit Bessel steht. Ein merkwürdiges Ergebnis der direkten Messungen der Abstände der Rhea und des Titan von den Saturnsrändern ist, dass das optische Zentrum der Planetenscheibe konstant 0.15″ südlich von dem Schwerpunkte des Systems lag. Dr. H. Struve hält diesen Unterschied für scheinbar und hervorgerufen durch die ungleiche Färbung der beiden Saturnspole und die ungleiche Schärfe, mit der sie sich im Fernrohre darstellten. Der Südpol schien rötlich, der Nordpol bläulich und weniger scharf: der Unterschied der atmosphärischen Refraktion für rote und gelbe

[1]) Monthly Notices 54. No. 8. p. 452 u. ff.

Strahlen würde eine ähnliche Verschiebung wie die wahrgenommene zur Folge haben.

Aus den säkularen Veränderungen der Knoten und Apsidenlinien der Bahnen von Thetys, Dione und Enceladus leitet H. Struve die Neigung der Ebene des Saturnsäquators gegen die Ebene der Erdbahn zu 28° 5.6′ ab und die Position des aufsteigenden Knotens derselben zu 167° 57.0′, beide Werte gültig für 1889.25. Anderseits findet er für die Position des Ringsystems: Neigung 28° 4.84′, Länge des aufsteigenden Knotens 167° 58.7′, so dass also die Ebene des Ringes genau mit der Ebene des Saturnsäquators zusammenfällt. Für die halben grossen Achsen der Bahnen der sechs innern Monde findet Struve:

Mimas	**26.814″**
Enceladus	**34.401″**
Tethys	**42.586″**
Dione	**54.543″**
Rhea	**76.170″**
Titan	**176.578″**

Unter Berücksichtigung der Umlaufszeiten dieser Monde ergiebt sich aus diesen Messungen als Masse des Saturnsystems: $\frac{1}{3495.3}$ der Sonnenmasse, in vortrefflicher Übereinstimmung mit Bessel's Wert $\frac{1}{3500.2}$.

Für die vier innersten Monde ergaben die Beobachtungen 1886 bis 1892 für die Exzentrizitäten und die Neigungen der Bahnen gegen den Saturnsäquator:

	Exzentrizität	Neigung
Mimas	0.0190	1° 36.5′
Enceladus	0.0046	0° 1.4′
Tethys	0.0000	1° 4.36′
Dione	0.0020	0° 4.0′

Die Bahn der Rhea besitzt nur eine Exzentrizität von 0.0009. Mimas zeigt rasche Veränderungen der Lage der Knotenlinie und des Perisaturniums, nämlich jährlich 365.3°. Für Titan ergiebt sich (1890) als Exzentrizität der Bahn 0.028 86 und eine jährliche Bewegung der Apsidenlinie von 31.7′.

Um die mittlern Längen dieses Trabanten von 1892—1831 in Übereinstimmung zu bringen, wurde eine Korrektion von 5′ mit einer Periode von 50 Jahren erforderlich, deren Ursache völlig unbekannt ist. Die Massen der Trabanten, wie sie sich aus den gegenseitigen Störungen ergaben, sind, mit Ausnahme derjenigen des Titan, ausserordentlich gering. Das Verhältnis derselben zur Saturnsmasse findet Struve wie folgt:

Mimas	**1 : 13 610 000**
Enceladus	**1 : 4 000 000**
Tethys	**1 : 907 600**
Dione	**1 : 536 000**
Rhea	**1 : 250 000**
Titan	**1 : 4 700**

Die Masse des Hyperion kann nur sehr gering sein, und die des Japetus findet sich 1 : 113000. Sonach ist von diesen Trabanten nur Titan an Masse unserem Monde vergleichbar (und etwa 1.6 mal überlegen), während der grösste der übrigen Monde, Japetus, nur $^1/_{15}$, Mimas sogar nur $^1/_{1816}$ der Mondmasse besitzt. Obgleich diese Saturnstrabanten, besonders Mimas, äusserst lichtschwach sind, so hätte man ihre Masse doch im Vergleiche zur Helligkeit für erheblicher halten dürfen, man muss daher annehmen, dass diese Monde ein beträchtlicheres Lichtreflexionsvermögen besitzen als Titan und Japetus. Aus den Säkularbewegungen des Mimas und des Tethys findet H. Struve ferner, dass die Masse des Ringsystems sich zur Masse des Saturn höchstens wie 1 : 26720 verhält, wahrscheinlich aber noch geringer ist.

Die Bewegung des Hyperion ist wegen des Verhältnisses der mittlern Entfernungen dieses Trabanten und des Titan (214″ : 177″), wegen der Kommensurabilität ihrer mittlern Bewegungen und der Exzentrizität der Bahn des Titan, starken Störungen unterworfen. Unter einigen vereinfachenden Annahmen findet Struve, wenn Titan und Hyperion in Opposition sind, als mittlern Wert der halben grossen Achse der Bahn des Hyperion 213.92″, die mittlere Exzentrizität derselben 0.1043 und die jährliche Bewegung der Apsidenlinie — 18.663°. Japetus ist am 30zolligen Refraktor nur wenig beobachtet worden. Eine merkwürdige Thatsache, welche sich in den Struve'schen Beobachtungen der Trabanten zeigt, ist die Zunahme der Bahnneigungen, so dass es scheint, als wenn das ganze System (mit Ausnahme des Titan) im Laufe der Jahre 1884—1891 eine grössere Neigung erhalten hätte, eine Erscheinung, welche durch ein Schwanken der Richtung der Saturnsachse im Raume innerhalb längerer Periode, erklärt werden könnte. Es würden hiernach in diesem System noch störende Kräfte wirken, deren Quelle unbekannt ist.

Struve hat in den Jahren 1887—1890 auch Nachforschungen nach etwa noch unbekannten Trabanten des Saturn angestellt. In der Reihe dieser Trabanten findet sich zwischen dem fünften und sechsten, ebenso zwischen dem siebenten und achten eine merkliche Lücke; indessen haben Struve's sorgfältige Nachforschungen ergeben, dass innerhalb der Bahn des Hyperion wenigstens kein Trabant vorhanden ist, dessen Helligkeit auch nur 0.1 der Helligkeit des Hyperion überstiege. Auf weite Entfernungen vom Saturn ist es nicht möglich, diese Nachforschungen in Bezug auf die lichtschwächsten Sterne auszudehnen, hierzu können nur photographische Aufnahmen an sehr grossen Instrumenten sichere Ergebnisse liefern.

Vermutlicher neuer Trabant des Saturn. Auf vier Platten, welche an der Arequipa-Station der Harvard-Sternwarte mit dem grossen Bruce-Teleskop erhalten wurden, hat Prof. William

H. Pickering einen neuen Saturnssatelliten von 15.5 Grösse entdeckt. Derselbe ist $3^1/_2$ mal soweit vom Saturn entfernt als Japetus, und seine Umlaufsdauer beträgt etwa 17 Monate.[1])

Untersuchungen über das Vorhandensein eines transneptunschen Planeten hat G. Dallet angestellt.[2]) Diese Beobachtungen beruhen zum grössten Teile auf hypothetischen Annahmen, z. B. über die mittlere Distanz des vermutlichen Planeten von der Sonne, die = 47 Erdbahnradien angenommen wird. Dallet gelangt zu dem Ergebnisse, dass in dieser Entfernung ein Planet mit einer Bahnneigung von 2—4° vorhanden sei, und die Position des aufsteigenden Knotens etwa 110° betrage. Die Länge desselben am 1. Januar 1850 habe 360° betragen, und seine Helligkeit möge derjenigen eines Sternes 10.—11. Grösse gleichkommen.

Der Mond.

Neubildung auf dem Monde. J. N. Krieger hat die Existenz eines Kraterchens im Hyginus N entdeckt. Er bemerkt hierüber:[3]) »Am 28. Juni 1899 $14^h\ 45^m$, als die Lichtgrenze des abnehmenden Mondes beim 20.° westl. L. lag, stellte sich Hyginus N als heller Fleck dar. Unweit dessen Mittelpunkt, etwas gegen Süden hin, sah ich ein feines Kraterchen mit deutlichem Walle. Wie eine Messung auf der erhaltenen Aufnahme ergab, liegt das neue, bisher der Beobachtung entgangene Kraterchen etwa 6 *km* westlich von dem Zwillingskrater Hyginus N'. Objektiv: auf 6 Zoll abgeblendet; Vergrösserung: 260 fach. Die Luft war ruhig und ziemlich durchsichtig.«

Der photographische Mondatlas der Pariser Sternwarte. Von demselben ist Lieferung 4 erschienen, welche sechs Blätter Mondlandschaften in verschiedenen Vergrösserungen enthält. Dieselben entfallen mit einer Ausnahme auf die abnehmende Phase. Die Herausgeber Loewy und Puiseux geben zu diesen Blättern Erläuterungen, wegen deren auf das Original[4]) verwiesen werden muss.

Messungen der chemischen Intensität während der Mondfinsternis vom 27. Dezember 1898 hat Th. Moreux angestellt.[5]) Die chemische Intensitätskurve, welche er erhielt, zeigt, dass der verfinsterte Teil trotz seiner rötlichen Färbung noch Strahlen enthält, welche auf die photographische Platte wirken. Der Verlauf der eigentlichen Helligkeitskurve zeigt, dass das Licht abzunehmen an-

---

1) Harv. Coll. Obs. Circ. No. 43.
2) Bull. Astronomique 16. p. 129.
3) Sirius 1899. p. 185.
4) Bull. Astronomique 16. p. 290. 1899.
5) Compt. rend. 1899. 128. p. 404.

gefangen hat kurz vor dem Eintritte der Mondscheibe in den Schatten, während die chemische Intensität schon lange im Abnehmen war, zweifellos seit dem Eintreten in den Halbschatten. Die Helligkeitsabnahme infolge des Eintrittes in den Halbschatten ist so gering, dass unsere Augen dieselbe nicht wahrnehmen können. Daher war bei der letzten Finsternis der Eintritt in den Halbschatten dem Auge erst um $9^h 30^m$ merklich (statt um $8^h 42^m$), während die Messungen der chemischen Intensität und die direkten Photographien zeigen, dass der Halbschatten eine merkliche Wirkung auf die Platte hatte.

Die totale Mondfinsternis am 27.—28. Dezember 1898. Bei wolkigem und unruhigem Wetter wurde diese Finsternis auf der Sternwarte zu Uccle von Niesten am grossen Refraktor (von 380 *mm* Öffnung) bei 90facher Vergrösserung beobachtet. Der Eintritt des Schattens in die Mondscheibe konnte wegen Bewölkung nicht beobachtet werden. Um die Zeit der Totalität waren auf der beschatteten Scheibe alle Details sichtbar, und der Schatten beim Anblick mit blossem Auge so wenig dunkel, dass man hätte zweifeln können, ob der Mond überhaupt verfinstert sei. Eine halbe Stunde später ($0^h 13^m$ früh) war der Schatten dunkler; $0^h 33^m$ glänzte bereits Grimaldi silberhell, der beschattete Teil des Mondes erschien rotgrau. Stuyvaert beobachtete am Refraktor von 150 *mm* Öffnung ebenfalls bei 90facher Vergrösserung. Als der Mond total verfinstert war, erschien die Mitte der Scheibe nur unmerklich rot, mit blossem Auge zeigte sich dagegen der Mond als rötliche Scheibe. Um $0^h 43^m$ erschien der Schatten rötlichgrau. Gautier auf der Sternwarte in Genf war vom Wetter sehr begünstigt. Der Schatten erschien anfangs von grauer Farbe, der Mondrand wurde erst gelblich, dann rötlich. Als der Mond $11^h 57^m$ völlig verfinstert war, erschien er kupferfarbig und behielt diese Farbe während der ganzen Totalität bei. Als die Hälfte der Mondscheibe wieder aus dem Schatten heraus war, blieb der beschattete Teil merklich dunkler, als während der entsprechenden Phase vor der Totalität. Es schien Gautier ebenso wie Konsul Basso, der an einem 6zolligen Refraktor beobachtete, sehr auffallend, dass die Verdunkelung des Mondes relativ schwach blieb selbst um die Mitte der Totalität. Alle Details der Mondscheibe waren so gut sichtbar, wie im Vollmonde, besonders die glänzenden Krater, wie Tycho, Kepler, Aristarch und deren Strahlensysteme. Zum Teil rührt dies nach Gautier's Meinung daher, dass der Mond nicht durch das eigentliche Schattenzentrum der Erde hindurchging, dann aber wohl auch, weil die Erdatmosphäre wahrscheinlich in den Teilen, welche den Schatten der Erde begrenzten, sehr transparent war. Letztere Ursache dürfte übrigens nach den Untersuchungen von Prof. Seeliger über die Vergrösserung des Erdschattens nicht von Einwirkung sein. Bei der Bedeckung mehrerer kleiner Sterne durch den Mond während der Finsternis

sahen sowohl Gautier als Basso, dass dieselben während einiger Sekunden am Mondrande klebten, eine bekannte Diffraktionserscheinung, welche durch das Fernrohr verursacht wird. Die nämliche Erscheinung sah Baillaud auf der Sternwarte in Toulouse. Nach der Totalität erblickte er mit blossem Auge auf der Mondscheibe einen rötlichen Fleck, umgeben von grünlichblauen Kreisen. P. Marty zu Caillac war überrascht von der grossen Helligkeit der Mondscheibe während der totalen Verfinsterung, die Farbe erschien ihm violettrot; auch F. Bianchi bemerkt die geringe Verdunkelung des Mondes.

Auf der Leipziger Sternwarte beobachtete F. Hayn und bemerkt: »Der Mond war während der Totalität sehr hell. Zum Verlaufe der Finsternis, wie sie sich dem Beobachter am Refraktor darstellte, ist folgendes zu bemerken: Bei und nach dem Eintritte des Kernschattens auf die Mondscheibe war die Schattengrenze sehr verwaschen, auf der Mitte der Mondscheibe war sie aussergewöhnlich scharf, kurz vor Eintritt der Totalität dagegen erschien sie so gleichmässig abgetönt, dass man von einer Grenze kaum noch sprechen konnte. Diese Erscheinungen wiederholten sich in umgekehrter Reihenfolge in genau der gleichen Weise nach der Totalität.

Von dem etwa 76′ im Durchmesser haltenden Schatten erschien die mittlere Zone, 18′ Radius kupferfarbig, etwa dem nicht weit davon stehenden Mars vergleichbar, die folgende Zone nach einem Übergange durch orange rein gelb und von etwa 20′ vom Schattenzentrum an sehr hell. Während der partiellen Verfinsterung erschien die äusserste Zone des Schattens, von etwa 5′ Breite, aschgrau und ziemlich dunkel, gut begrenzt nach aussen, abgetönt nach innen. Doch war dies wohl in der Hauptsache Kontrastwirkung, denn bei Beginn und Ende der Totalität verschwand diese Erscheinung mehr und mehr.«

Die geringe Dunkelheit oder Dichte des Schattens bei dieser totalen Mondfinsternis ist also eine Erscheinung, die als reell betrachtet werden muss.

Untersuchungen über die Temperatur der Mondoberfläche hat Frank W. Very in weitem Umfange und mit grosser Sorgfalt angestellt[1]). Um eine möglichst sichere Unterlage zu gewinnen, hat er zunächst die Wärmestrahlung einer Anzahl von Substanzen bei mässigen Temperaturen untersucht und dabei zwei Hauptabteilungen unterschieden, nämlich: a) Körper mit starker Ausstrahlung an der Oberfläche und b) solche mit schlechtem Strahlungsvermögen. Beide Abteilungen zerfallen wieder in die Klassen der guten (a_1, b_1) und der schlechten Wärmeleiter (a_2, b_2). Die Klassen a_1, a_2, b_1 absorbieren in Schichten von geringer Dicke den grössten Teil der Wärmestrahlen, während die Klasse b_2 aus wenigen Sub-

[1]) Astrophysical Journal 8. p. 199 u. 265 ff.

stanzen besteht, welche aber ausserordentlich durchgängig für die Wärmestrahlen von niedriger Temperatur sind, so dass bei diesen Körpern selbst sehr rohe Schätzungen die Strahlung aus dem Innern nicht unberücksichtigt lassen dürfen. Anderseits spielt auch die Dauer der Wärmeeinstrahlung eine bedeutende Rolle, und beim Monde können, infolge der sehr langen ununterbrochenen Bestrahlung durch die Sonne, Substanzen, welche die grössten Verschiedenheiten im Leitungs- und Absorptionsvermögen für Wärme besitzen, schliesslich nahe die gleiche Temperatur erlangen. Die innere Wärmeabsorption von sehr durchlässigen Substanzen der Klasse b_2 erzeugt zuletzt die nämliche Wirkung wie vollkommene Leitungsfähigkeit. Die anfängliche Temperaturzunahme ist gering, aber die innere Verteilung der Wärme wird sehr nahe gleichförmig, und zuletzt erhält sich bis in tiefe innere Schichten hohe Temperatur, und die allgemeine Wirkung der Strahlen aus allen Tiefen einer grossen Masse ist dann nach aussen hin ähnlich derjenigen eines Körpers von vollkommener Ausstrahlung. Eine lange Bestrahlung gleicht in bedeutendem Masse Unterschiede der Absorptions- und Strahlungsfähigkeit aus. Stark absorbierende Körper von geringer Leitungsfähigkeit (Klasse a_2) erreichen rasch eine sehr hohe Oberflächentemperatur, und fernere Einstrahlung beeinflusst dann hauptsächlich die Wärmeverteilung im Innern derselben. Die Klasse b_1 besteht aus Metallen, deren eigene Strahlung nur gering ist, die aber in hohem Grade Wärme reflektieren. Ein wichtiger Umstand im vorliegenden Falle ist der, dass bei genügend langer Bestrahlung durch die Sonne unter der Oberfläche der Körper ein stabiler Temperaturgradient entsteht, und ein grosser Teil der aufgenommenen Wärme bald wieder ausgestrahlt wird, so dass Ausstrahlung und Reflexion zusammen bei gut wie bei schlecht wärmestrahlenden Körpern nahezu gleich ist der von beiden empfangenen Bestrahlung. Infolge dieses günstigen Umstandes wird die Unsicherheit in der Deutung der durch die Beobachtungen ermittelten Thatsachen wesentlich eingeschränkt.

Russgeschwärztes Kupfer und Eis von 0° C. Temperatur zeigen fast die gleiche Wärmestrahlung, flüssiges Wasser zeigt eine stärkere (nach Péclet). Als Repräsentant einer sehr grossen Klasse von Körpern, besonders der Felsmassen, kann das Glas dienen. Die anfängliche Wärmestrahlung von Glas bei Temperaturen, die nicht weit unter dem Siedepunkte des Wassers liegen, beträgt in senkrechter Richtung 93% von der Strahlung des Russes; bei grossen Ausstrahlungswinkeln ist sie geringer, und man kann sie durchschnittlich für eine volle Halbkugel zu etwa 85.7% annehmen.

Einige Teile der Erdoberfläche sind von Salzschichten bedeckt, aber dasselbe ist so unrein, dass man die für dicke Schichten desselben durch Experimente gefundene relativ starke Wärmeausstrahlung in Wirklichkeit nicht erwarten darf. Auf der dürren Oberfläche des Mondes könnten möglicherweise von Salz bedeckte Flächen in wesentlich grösserer Ausdehnung als auf der Erde vorkommen, allein

nur wenige Regionen des Mondes sind weiss genug, um dort eine reine Salzoberfläche anzunehmen. Es wird immer wahrscheinlicher, dass der kosmische Staub zum grossen Teile metallischer Natur ist, und da seine Teilchen leicht oxydieren, so könnten damit bedeckte Oberflächen sich in ihrer Strahlung mehr wie geschwärztes als wie glänzendes Kupfer verhalten und die Wärmestrahlung des letztern dürfte ein geeignetes Vergleichsobjekt mit derjenigen der Mondoberfläche bilden. Überhaupt ist es wahrscheinlich, dass die Ausstrahlungsweise grosser Teile der Mondoberfläche zwischen derjenigen des dunklen Kupfers und derjenigen sonnenbeschienener Felsen liegt, welch letztere der erstern übrigens nicht sehr nachsteht. Messungen an Steinsalz, Glas, dünnen Glasscheiben, welche eine Wasser- oder Quecksilberfläche bedeckten, wurden von Frank Very angestellt, um eine Unterlage zum Vergleiche mit den Messungen der Wärmestrahlung des Mondes zu liefern und letztere zu deuten. Er gelangte zu dem Resultate, dass als Normalmass für die Strahlung am besten ein dünnwandiges, mit einer siedenden Flüssigkeit von konstanter Temperatur gefülltes Glasgefäss dienen kann, bei welchem die Strahlung der heissen Dämpfe durch Schirme abgehalten wird.

Die Ansichten über die wahre Temperatur der Mondoberfläche gehen, wie schon erwähnt, sehr auseinander. John Herschel behauptete, die Oberfläche des Vollmondes müsste bis zu einem hohen Grade erhitzt sein, Ericsson dagegen beharrte bei der Ansicht einer ewigen, intensiven Kälte und meinte, auch im vollen Sonnenscheine könne die Temperatur der Mondoberfläche keine 80° F. über dem absoluten Nullpunkte erreichen. Prof. Young äussert sich, diese Temperatur erreiche niemals den Gefrierpunkt des Wassers, weil Messungen des infraroten Spektrums des Mondes die Gegenwart einer beträchtlichen Strahlung von grösserer Wellenlänge als diejenige, die ein Eisblock aussendet, anzeigten, woraus hervorgehe, dass diese Strahlen von einem Körper kämen, der kälter ist als Eis. Diese Schlussfolgerung ist indessen unrichtig, weil durch die Absorption in unserer Atmosphäre der Punkt der stärksten Strahlung im Spektrum verschoben wird. Wählt man Strahlungen, auf welche unsere Atmosphäre nur eine geringe Absorption ausübt, so lässt sich zeigen, dass die wirkliche Strahlung des sonnbeschienenen Mondes sicherlich von einer Materie herkommt, die über den Eispunkt erwärmt ist, und ähnliches zeigt die sinngemässe Weiterführung der spektralen Energiekurve des Mondlichtes unter Berücksichtigung der atmosphärischen Absorption.

Die von Ericsson und Peal aufgestellte Theorie der Vergletscherung der Mondoberfläche ist von Frank Very durch einen interessanten Versuch geprüft und widerlegt worden. Er untersuchte die Wärmestrahlung einer von der Sonne beschienenen Schneefläche an einem heitern Tage zwischen 1 und 2 Uhr nachmittags. Dabei ergab sich, dass Glas durchschnittlich 79% der Wärmestrahlen, die diese Fläche aussendet, durchliess. Dann wurde diese Schneefläche

mit Russ bestreut, so dass sie grau aussah, wodurch ihre Reflexion oder Helligkeit auf weniger als ein Drittel herabgebracht wurde. Nichtsdestoweniger war die Durchlässigkeit ihrer Wärmestrahlung für Glas kaum verändert, sie betrug nämlich 80.3 %. Anderseits liess dieses Glas nur 12 — 17 % der Wärmestrahlen des Mondes hindurchgehen, woraus sich ergiebt, dass diese Strahlen nicht von einer Oberfläche stammen, die sich wie eine Schneefläche verhält. Dadurch scheint bewiesen, dass der Mond keineswegs mit Schnee und Eis bedeckt ist, und die dunklen, runden Mare desselben keineswegs Regionen sind, in denen aus lokalen Ursachen der Schnee geschmolzen ist. Auch die Meinung von Peal, dass die alten Schneeflächen des Mondes mit kosmischem Staube bedeckt seien, wird durch die zweite Hälfte des Very'schen Experimentes widerlegt.

Auf Grund der eigenen und der Untersuchungen von Dr. J. T. Bottomley giebt Frank Very eine Tabelle, welche die Beziehung der Strahlungsgrössen zur Temperatur in Thermometergraden (vom absoluten Nullpunkte an gerechnet) ausdrückt. Dieselbe folgt hier im Auszuge:

Temperatur	Strahlung	Temperatur	Strahlung
25°	0.0002	300°	0.0099
50	0.0004	350	0.0164
100	0.0009	400	0.0251
150	0.0018	450	0.0373
200	0.0033	500	0.0544
250	0.0058	525	0.0650

Als Strahlungseinheit gilt die Wärmestrahlung einer Wasserfläche von 1 *qcm* pro Sekunde für 1° C. Wärmeüberschuss. Dieser Einheit giebt Very die Bezeichnung Radim (von radius = Strahl, und im, Abkürzung für imago = Bild).

Von den vom Monde kommenden Wärmestrahlen wird nur ein Teil von dem Glase durchgelassen, und zwar hauptsächlich die an der Mondoberfläche reflektierten Sonnenstrahlen. Die Messungen Very's wurden hauptsächlich während des Winters angestellt, und diese ergaben als Verhältnis der Mondstrahlung, die Glas durchlässt, zu derjenigen, die es absorbiert, den Bruch $^1/_6$. Das benutzte Glas absorbiert 23 % der Sonnenstrahlung und lässt 2 % der Strahlung von so niedriger Temperatur wie siedendes Wasser durch. Mit Rücksicht hierauf wird das Verhältnis der reflektierten Strahlen unter Berücksichtigung des Umstandes, dass die Transmission der äussersten roten Strahlen in der Erdatmosphäre im Winter grösser als im Durchschnitte ist, ausserhalb der Atmosphäre = 13.1 %. Sie ist also ein wenig geringer als der Prozentsatz für die leuchtenden Strahlen oder die sogenannte Albedo, die Very zu 0.157 berechnet. Dieser letztere Wert ist aber in den einzelnen Teilen des Mondes sehr verschieden; er sinkt in den dunklen Maren auf 0.09 und steigt in den hellen Flächenteilen auf 0.23. Auf der Erde ist in gleicher

Weise die Reflexionsfähigkeit verschiedener Gesteine sehr ungleich, beim Diorit oder dunklen Schiefer beträgt sie 0.09, beim Thon 0.16, beim weissen Quarzit 0.25. Die sämtlichen reflektierten Strahlen verhalten sich vielleicht nicht genau so wie die leuchtenden Strahlen, aber sehr viel weichen sie in keinem Falle von dem Verhalten der letztern ab, auch ist erwiesen, dass die Strahlen von grosser Wellenlänge weniger vollkommen von der Mondoberfläche reflektiert werden als die kurzwelligen. Man kann daher für die mittlere Reflexion aller vom Monde kommenden Strahlen etwa den Wert $^1/_8$ ansetzen. Nur für die Randzone des Mondes dürfte ein etwas grösserer Bruch als $^1/_8$ anzunehmen sein.

Frank Very ist der Meinung, dass auf dem Monde lokale Variationen der Temperatur stattfinden und mit der Reflexionsfähigkeit des Bodens zusammenhängen. Die hellen Flächen reflektieren mehr Wärmestrahlen und absorbieren weniger als die dunklen, sie müssen also kälter sein wie diese; allein da die Strahlung der dunklen Teile in unserer Atmosphäre stärker absorbiert wird, so scheinen diese allerdings kälter zu sein als die hellen. Messungen ergaben bei fast senkrechter Bestrahlung, dass die totale Radiation der hellen Regionen etwa 11 % grösser ist als die gesamte Strahlung der dunklen, während letztere bei sehr schräger Bestrahlung weniger Strahlen reflektieren. Bei einem Phasenwinkel von 70° vom Vollmonde fand Very als totalen Wärmeeffekt 27.4 % der Strahlung des Vollmondes, dagegen 37.5 % $1^1/_2$ Tage vor dem letzten Viertel, während Zöllner für das entsprechende Helligkeitsverhältnis des Mondlichtes 14.4 % erhielt. Very hat eine Anzahl von Messungen der Strahlung von Regionen längs des Mondäquators ausgeführt zu verschiedenen Zeiten an Vor- und Nachmittagen des Mondtages, um das Verhältnis der Radiation bei verschiedenen Einfallswinkeln der Sonnenstrahlen zu ermitteln. Als Ergebnis dieser Beobachtungen giebt er folgende Tabelle, in welcher i den Einfallswinkel der Sonnenstrahlen, e die wahre Strahlung des Mondbodens und t die berechnete effektive Temperatur des letztern in C.-Graden, vom absoluten Nullpunkte aus gezählt, bezeichnen:

1889	i	e	t
23. Januar . . .	102°	0.00000	0°
7. Februar . . .	76	0.00632	258
23. Januar . . .	75	0.00725	272
23. » . . .	67	0.01461	337
10. April	61	0.01341	329
12. Januar . . .	46	0.01995	372
17. » . . .	38	0.02872	417
15. April	31	0.03409	438
13. »	23	0.03563	448
15. »	16	0.03754	451
15. »	4	0.03841	453

Am 23. Januar 1889 lag der Punkt, dessen Wärmestrahlung gemessen wurde, in der Mondnacht (da i grösser als 90°), und die Messungen ergaben keinerlei Andeutung von Strahlung, so dass die Temperatur derjenigen des absoluten Nullpunktes gleichzusetzen ist. Dies stimmt gut mit der (von Lord Rosse) gefundenen Thatsache, dass bei einer Mondfinsternis der Fortfall der Sonnenstrahlung auf ein paar Stunden schon hinreicht, die Mondstrahlung von ihrem normalen Werte auf 1 % desselben herabzubringen.

Die Erdatmosphäre lässt wahrscheinlich mindestens 50 % der äussersten infraroten Strahlen, welche ein Körper von sehr tiefer Temperatur aussendet, durch, und der Beobachtungsapparat ist im stande, strahlende Körper von nur 25° C. Temperaturunterschied selbst in der Nähe des absoluten Nullpunktes zu unterscheiden. Daher kann, sofern der Mond nicht (was ganz unwahrscheinlich ist) eine Atmosphäre besitzt, die die langwelligen Strahlen zurückhält, die Temperatur des Mondbodens in der Mondnacht schwerlich höher sein als 50°, höchstens 100° über dem absoluten Nullpunkte. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Mondoberfläche nachmittags erkaltet, beweist, dass dort keine stark absorbierende Atmosphäre vorhanden sein kann, und die äusserst tiefe Temperatur des dortigen Bodens während der langen Mondnacht ist also, wie Frank Very betont, so sicher erwiesen, als irgend etwas auf indirektem Wege bewiesen werden kann. Bestätigt wird dieser Schluss durch eine andere Berechnungsweise dieser Temperatur. Die Sonne strahlt dem Monde ebenso wie der Erde 0.05000 Radim zu, wovon der Mond $^7/_8$ absorbiert und den Rest ausstrahlt. Die ausstrahlende Fläche ist aber mehr als doppelt so gross wie der Querschnitt des Strahlenkegels der Sonne. Die mittlere eigene Ausstrahlung des Mondes auf der Tagesseite ist daher nicht viel verschieden von 0.0219, entsprechend einer mittlern Temperatur einer geschwärzten Kupferscheibe von 383° über dem absoluten Nullpunkte.

Die Erde bewahrt infolge ihrer Atmosphäre die erworbene Temperatur und strahlt bei Tag und bei Nacht von einer fünfmal so grossen Oberfläche aus, als der Querschnitt des Kegels der Sonnenstrahlen umfasst. Wenn ihre reflektierende Kraft die nämliche wäre wie die des Mondes, so wäre ihre eigene Strahlung 0.011 Radim, korrespondierend einer mittlern absoluten Temperatur von 310° oder + 37° C. einer geschwärzten Kupferoberfläche. Die wirkliche mittlere Temperatur der Erde ist aber etwa + 15° C., und ihre Reflexionsfähigkeit muss daher die des Mondes übertreffen, wie es wirklich der Fall ist. Nimmt man an, dass die Erde 0.3 der Sonnenstrahlen reflektiert, so erhält man eine befriedigende Übereinstimmung zwischen der Theorie und den Thatsachen.

Vom Aufgange der Sonne bis zu ihrer Kulmination bleibt die Ausstrahlung des Mondes etwas unter der Einstrahlung, nach derselben ist sie etwas grösser, dann aber etwas geringer, wie folgende

Tabelle zeigt, deren Temperaturwerte Frank Very aus Beobachtungen und einer darauf begründeten Kurve abgeleitet hat:

Einfallswinkel der Sonnenstrahlen	Temperatur vormittags	Temperatur nachmittags
0°	454°	454°
10	453	453
20	447	450
30	430	440
40	400	424
50	365	400
60	331	365
70	292	318
80	227	240
90	0	75

Aus dieser Tabelle ergiebt sich, dass die Temperatur des Mondbodens 24 Stunden vor Untergang der Sonne bereits der Gefriertemperatur des Wassers entspricht. Dabei kommen wahrscheinlich lokale Abweichungen vor, indessen sind dieselben gering; dagegen ist auffallend, dass in der Nähe der Mondpole eine etwas stärkere Strahlung stattfindet, als sonst am Mondrande. Der Beobachter glaubt, dass dies eine Folge der längern Bestrahlung der Pole durch die Sonne ist, wodurch dort eine etwas höhere Temperatur entsteht. Dies ist wahrscheinlich der Fall, denn die Berghöhen an den Mondpolen sind zum Teil so gross, dass die Sonne für einzelne überhaupt niemals untergeht und nur bei totalen Finsternissen verschwindet. Als Mittelwert für die Strahlung der von der Sonne beschienenen Mondfläche findet man aus den Beobachtungen von Frank Very 0.019 52 Radim, entsprechend einer mittlern Temperatur von + 97° C.

Als Endergebnis seiner Untersuchungen spricht Frank Very sich dahin aus, dass durch dieselben erwiesen wird, dass ein grosser Teil der Mondoberfläche täglich bedeutende Temperaturschwankungen erleidet. Die Gesteinsmassen derselben werden unter denjenigen Breitengraden, wo die Sonne mittags hoch über den Horizont steigt, zu einer Temperatur, welche die des siedenden Wassers übersteigt, erhitzt, und nur die schrecklichsten Wüsten auf unserer Erde, in welchen der glühende Sand die Haut versengt, und Mensch und Tier tot niederfallen, können um ihre Mittagsstunden der wolkenlosen Oberfläche unseres Satelliten verglichen werden. Nur allein die äussersten Polargegenden des Mondes geniessen eine erträgliche Temperatur während des Tages: bei Nacht freilich müssten wir Höhlenbewohner werden, um uns vor der alsdann auf der Mondoberfläche herrschenden intensiven Kälte zu schützen. »Aber,« schliesst Frank Very, »so beträchtlich die mittägige Hitze auf dem Monde auch sein mag, sie würde noch grösser sein, wenn der Mond eine der unserigen vergleichbare Atmosphäre besässe, und so mag möglicherweise der relative Mangel einer Lufthülle um den Mond, den man so oft als Ursache des Fehlens alles Lebens auf diesem

Weltkörper bezeichnet hat, in Wirklichkeit das einzige Mittel sein, eine gewisse Art von Leben vor der Zerstörung durch die grosse Hitze zu bewahren.«

Die Untersuchungen Frank Very's haben die Frage nach den Temperaturverhältnissen der Mondoberfläche endlich zu einem den Anforderungen der heutigen Wissenschaft entsprechenden vorläufigen Abschlusse gebracht. Wir wissen jetzt mit Bestimmtheit, dass während des Mondtages die Durchschnittstemperatur merklich über dem Gefrierpunkte des Wassers liegt und im Maximum bis über den Siedepunkt des letztern steigt, dass dagegen schon vor Sonnenuntergang die Temperatur dort unter den Gefrierpunkt sinkt, und während der langen Nacht der Mondboden bis zu 150, ja vielleicht 200° unter Null erkaltet.

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1898. Prof. H. Kreutz hat eine Zusammenstellung derselben gegeben,[1]) der folgendes entnommen ist:

Komet 1898 I, entdeckt von Perrine auf Mount Hamilton am 19. März in 21^h Rekt. und $+ 17^0$ Dekl. Der Komet, der kurz vorher sein Perihel passiert hatte und am 25. März die grösste Erdnähe erreichte, stand schon wenige Tage nach der Entdeckung im Maximum seiner Helligkeit. Er besass einen sternartigen Kern 9. Grösse, der von einer Coma von 2′ Durchmesser umgeben war. Ein mässig breiter Schweif erstreckte sich 1^0 lang. Die Gesamthelligkeit war die eines Sternes 7. Grösse. Das Aufsteigen in nördliche Deklinationen und die langsame Abnahme der Helligkeit sicherten eine lange Beobachtungsdauer. Noch Mitte Juli schildert Kobold den Kometen als einen kleinen, ziemlich hellen, runden Nebel mit einem Kerne 12.—13. Grösse. Wie weit die Beobachtungen sich erstreckt haben, kann noch nicht gesagt werden, da die Beobachtungsreihen, vor allem die der Lick-Sternwarte, noch nicht vollständig veröffentlicht sind. Von den bisher publizierten Beobachtungen ist die von Villiger in München am 18. Juli angestellte die letzte.

Die Bahn des Kometen zeigt, wie zuerst Perrine hervorgehoben hat, einen ausgesprochen elliptischen Charakter. Die von Berberich und Pokrowski aus zahlreichen Beobachtungen vom 21. März bis 21. Mai abgeleiteten Elemente lauten:

$$T = 1898 \text{ März } 17.11244 \text{ mittlere Zeit Berlin}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 47^0\ 15'\ 4.0'' \\ \Omega &= 262\ \ 24\ \ 37.1 \\ i &= 72\ \ 32\ \ 45.2 \end{aligned}\right\} 1898.0$$

$$\log q = 0.039204$$
$$\log e = 9.989776$$
$$U = 322.56 \text{ Jahre.}$$

Im niedersteigenden Knoten nähert sich der Komet der Jupitersbahn bis auf 1.3 Erdbahnhalbmesser.

---

[1]) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellsch. 34. p. 72.

Winnecke'scher Komet 1898 II. Für diese Erscheinung des Winnecke'schen Kometen hatte Hillebrand mit Zugrundelegung von Elementen, die sich in den nachgelassenen Papieren von Haerdtl's vorfanden, eine Ephemeride gerechnet, nach welcher der Komet am 1. Januar 1898 von Perrine auf Mount Hamilton aufgefunden wurde. Der Komet war selbst im 36 Zöller sehr klein und schwach, hatte 10—15" im Durchmesser und zeigte in der Mitte eine hellere Verdichtung. Mit abnehmender Entfernung von Sonne und Erde wurde derselbe allmählich heller, so dass er auf der Lick-Sternwarte im Februar auch im 12 Zöller ohne Schwierigkeit beobachtet werden konnte. Der Durchmesser der Nebelmasse betrug zu dieser Zeit 1′, in der Mitte zeigte sich eine Verdichtung 12.—13. Grösse. Leider rückte der Komet immer mehr ins Tageslicht, so dass schon am 28. Februar die Beobachtungen geschlossen werden mussten. Ausser auf der Lick-Sternwarte scheint der Komet nirgends beobachtet zu sein.

Die nachfolgenden Elemente von Haerdtl's enthalten für die Zeit seit 1892 nur die Jupiterstörungen, die sehr beträchtlich gewesen sind; das Datum der Oskulation ist die angegebene Epoche.

Epoche 1898 März 15.0 mittlere Zeit Berlin

$$
\begin{aligned}
M &= 359^\circ\ 3'\ 52.0'' \\
\left.\begin{aligned}
\omega &= 173\ \ 21\ \ 27.5 \\
\Omega &= 100\ \ 33\ \ 11.5 \\
i &= 16\ \ 59\ \ 33.8
\end{aligned}\right\}&\ 1900.0 \\
\varphi &= 45\ \ 37\ \ 14.1 \\
\mu &= 608.5559'' \\
\log a &= 0.510471
\end{aligned}
$$

T = 1898 März 20.534 mittlere Zeit Berlin
U = 5.831 Jahre.

Eine gleich ungünstige Erscheinung wie die vorliegende war die von 1875 (1875 I, Perihel 12. März). Auch damals ist der Komet nur sehr wenig vom 1.—16. Februar beobachtet worden.

Encke'scher Komet 1898 III. Nach der Vorausberechnung von Iwanow ist der Komet von Tebbutt in Windsor 15 Tage nach dem Perihel am 11. Juni aufgefunden und bis zum 15. Juni beobachtet worden. Im $4^1/_2$ zölligen Äquatoreal zeigte er sich als ein gut zu beobachtender Nebel von 30" Durchmesser. Um so erstaunter war Tebbutt, als er am 25. und 26. Juni den Kometen wieder aufsuchen wollte und denselben in einer Ausdehnung von 2—3′ so nahe an der Grenze der Sichtbarkeit fand, dass eine Beobachtung im $4^1/_2$ Zöller nicht möglich war. Auch im 8 Zöller erwies sich der Komet Ende Juni und Anfang Juli für eine Ortsbestimmung viel zu schwach; am 10. Juli konnte er nur mit der grössten Mühe als ein Lichtfleck von 5—6′ im Durchmesser erkannt werden. An andern Orten der Südhalbkugel ist, soweit bis jetzt bekannt, der Komet, trotzdem die Auffindung durch Tebbutt ungesäumt telegraphisch weiter verbreitet wurde, nicht beobachtet worden. Dagegen scheint ein Liebhaber der Astronomie, J. Grigg in Thames, Neuseeland, den Kometen nach

einer selbst berechneten Ephemeride bereits am 7. Juni in einer Höhe von 3° über dem Horizont erkannt und einige Tage lang verfolgt zu haben.

Die Elemente von Iwanow lauten.

Epoche 1898 März 25.0 mittlere Zeit Berlin

$$\begin{aligned} M &= 341^\circ\ 14'\ 55.2'' \\ \omega &= 183\ \ 58\ \ 56.6 \\ \Omega &= 334\ \ 46\ \ 42.8 \\ i &= 12\ \ 54\ \ 36.9 \\ \varphi &= 57\ \ 49\ \ 14.8 \\ \mu &= 1074.2918'' \\ \log a &= 0.345923 \end{aligned} \quad \left.\begin{matrix}\omega\\ \Omega\\ i\end{matrix}\right\} 1898.0$$

T = 1898 Mai 26.84 mittlere Zeit Berlin
U = 3.303 Jahre.

Ein Analogon zu dieser Erscheinung bietet die von 1865 (1865 II, Perihel 28. Mai). Damals ist der Komet vom 24. Juni bis 22. Juli in Windsor, Sydney und am Cap der guten Hoffnung beobachtet worden. Die Notizen von Tebbutt lassen aber auch hier bereits Ende Juni auf grosse Lichtschwäche schliessen.

Versuche, wie 1865, den Kometen vor dem Perihel im Februar auf der Nordhalbkugel aufzufinden, sind, soviel bekannt, diesmal mangels einer Ephemeride nicht gemacht worden.

Wolf'scher Komet 1898 IV. Die Vorausberechnung von Pfarrer Thraen, die sich auf die Erscheinungen 1884 und 1891 mit strenger Berücksichtigung der Störungen gründete, hat zur Wiederauffindung des Kometen am 16. Juni 1898 durch Hussey auf Mount Hamilton geführt. Die Sichtbarkeitsverhältnisse waren in dieser Erscheinung nicht günstig; der Komet blieb immer schwach und klein mit einer zentralen Verdichtung, die selbst im Maximum der Helligkeit die 12. Grössenklasse nicht überstieg. Dagegen ist die Sichtbarkeitsdauer eine sehr lange gewesen. Noch am 22. November, also $4\frac{1}{2}$ Monate nach dem Perihel, konnte Schorr den Kometen im Hamburger Refraktor, wenn auch mit Schwierigkeit, beobachten, so dass anzunehmen ist, dass in grössern Fernrohren auch noch weiterhin Ortsbestimmungen gelungen sein werden.

Am 18.—19. Juli kam der Komet dem Planeten Mars optisch so nahe, dass beide Himmelskörper von Abetti an denselben Vergleichstern angeschlossen werden konnten.

Die Elemente von Thraen, welche für die Epoche oskulieren, lauten:

Epoche 1898 August 22.0 mittlere Zeit Berlin

$$\begin{aligned} M &= 6^\circ\ 58'\ 11.0'' \\ \omega &= 172\ \ 52\ \ 34.5 \\ \Omega &= 206\ \ 29\ \ 3.9 \\ i &= 25\ \ 12\ \ 15.8 \\ \varphi &= 33\ \ 44\ \ 2\,2 \\ \mu &= 518.3676'' \\ \log a &= 0.556912 \end{aligned} \quad \left.\begin{matrix}\omega\\ \Omega\\ i\end{matrix}\right\} 1900.0$$

T = 1898 Juli 4.60 mittlere Zeit Berlin
U = 6.845 Jahre.

Komet 1898 V, entdeckt von Giacobini in Nizza am 18. Juni in 21^h Rekt. und -21^0 Dekl. Der Komet war schwach, von der Helligkeit eines Sternes 11.—12. Grösse, hatte $^1/_2$—$1'$ im Durchmesser und zeigte in der Mitte eine Verdichtung von $15''$ Ausdehnung. Nachdem er Anfang Juli die Erdnähe passiert hatte, nahm die Helligkeit rapid ab, so dass noch vor dem Perihel — Kobold in Strassburg stellte am 18. Juli die letzte Beobachtung an — die Beobachtungen ihr Ende fanden.

Die Elemente von Stichtenoth, abgeleitet aus Juni 19.29 und Juli 18, lauten:

$$T = 1898 \text{ Juli } 25.55046 \text{ mittlere Zeit Berlin}$$
$$\left.\begin{array}{l} \omega = 22^0\ 24'\ 35.4'' \\ \Omega = 278\ \ 17\ \ \ 9.8 \\ i = 166\ \ 51\ \ \ 1.2 \end{array}\right\} 1898.0$$
$$\log q = 0.176460.$$

Komet 1898 VI, entdeckt von Perrine auf Mount Hamilton am 14. Juni in 3^h Rekt. und $+59^0$ Dekl. Der Komet war rund mit einem Durchmesser von $2'$, ohne Kern, und besass die Helligkeit eines Sternes 10. Grösse. Mit abnehmender Entfernung von Erde und Sonne erreichte er Anfang Juli die 9. Grösse; zugleich entwickelte sich ein scharfer Kern 13. Grösse. Das allmähliche Hineinrücken in das Tageslicht erlaubte es nicht, den Kometen lange zu verfolgen; die letzte Beobachtung ist am 8. August auf Mount Hamilton angestellt worden. Nach dem Perihel musste der Komet gegen Ende September in derselben Helligkeit wie zur Zeit der Entdeckung auf der Südhalbkugel wieder sichtbar werden; es ist aber nicht bekannt, dass daselbst Beobachtungen angestellt worden sind.

Die nachfolgenden Elemente sind vom Entdecker selbst aus drei Normalörtern am 19. Juni, 12. Juli und 7. August abgeleitet worden.

$$T = 1898 \text{ August } 16.2370 \text{ mittlere Zeit Berlin}$$
$$\left.\begin{array}{l} \omega = 205^0\ 36'\ 24.0'' \\ \Omega = 259\ \ \ 6\ \ 12.2 \\ i = 70\ \ \ 1\ \ 36.7 \end{array}\right\} 1898.0$$
$$\log q = 9.796950.$$

Die Elemente zeigen eine gewisse Ähnlichkeit mit denen des Kometen 1785 I.

Komet 1898 VII. Als E. F. Coddington auf Mount Hamilton am 11. Juni eine am 9. d. M. zur Aufnahme der Umgegend von Antares exponierte photographische Platte entwickelte, entdeckte er auf derselben, in 16^h Rekt. und -25^0 Dekl., einen hellen Kometen, der noch an demselben Abende durch eine Beobachtung von Hussey am 12 Zöller verifiziert wurde. Unabhängig hiervon ist ferner der Komet am 14. Juni von W. Pauly in Bukarest bei Gelegenheit einer Prüfung des dem Antares benachbarten Sternhaufens G. C. 4183 entdeckt worden. Zur Zeit der Entdeckung besass der Komet einen sternartigen Kern 8. Grösse, umgeben von einer Nebelmasse von

1′ Durchmesser. Eine leichte Andeutung eines Schweifes war vorhanden. Die südliche Bewegung gestattete, den Kometen auf der Nordhalbkugel nur kurze Zeit, bis zum 19. Juli, zu beobachten; dagegen ist er auf der südlichen Hemisphäre mehrere Monate hindurch ein trotz seiner Kleinheit leicht beobachtbares Objekt gewesen, das wegen des sternartigen Kernes scharfe Ortsbesimmungen zuliess. Eine sehr ausgedehnte Beobachtungsreihe von Tebbut in Windsor geht bis Oktober 18, doch dürften wohl auch noch weitere Beobachtungen möglich gewesen sein. Am 16. November erreichte der Komet mit —84° seine grösste südliche Deklination.

Die nachfolgenden Elemente sind von Merfield aus drei Beobachtungen am 16. Juni, 11. Juli und 5. August abgeleitet worden:

$$T = 1898 \text{ September } 14.1413 \text{ mittlere Zeit Berlin}$$
$$\left.\begin{array}{rl} \omega = & 233^\circ\ 18'\ 4.5'' \\ \Omega = & 73\ \ 59\ \ 23.1 \\ \log i = & 69\ \ 54\ \ 46.5 \end{array}\right\} 1898.0$$
$$q = 0.230644.$$

Komet 1898 VIII, entdeckt von F. L. Chase, Yale College Observatory, Newhaven, am 21. November auf vier photographischen Platten, welche am 14. November zur Bestimmung des Radianten des Leonidenschwarmes exponiert worden waren. Nachträglich ist der Komet auch auf den Platten, welche an demselben Tage zu gleichem Zwecke auf dem Harvard College Observatory, Cambridge Mass., und dem Goodsell Observatory, Northfield, exponiert waren, aufgefunden worden. Auf der Yale College Sternwarte wurde der Komet zum zweiten Male am 21. November photographiert; die erste visuelle Beobachtung ist von Coddington auf Mount Hamilton am 23. November angestellt worden. Im Fernrohre war der Komet klein, mit deutlicher Verdichtung, aber ohne eigentlichen Kern. Die Helligkeit war die eines Sternes 12. Grösse. Die zunehmende Entfernung von der Sonne wurde zunächst durch die Annäherung an die Erde kompensiert, so dass erst von Ende Januar 1899 ab ein merkliches Schwächerwerden des Kometen eintrat. Wie weit die Beobachtungen sich erstreckt haben, ist zur Zeit noch nicht bekannt.

Die folgenden Elemente sind von Coddington aus drei Beobachtungen am 23. November, 7. und 16. Dezember abgeleitet worden.

$$T = 1898 \text{ September } 20.1906 \text{ mittlere Zeit Berlin}$$
$$\left.\begin{array}{rl} \omega = & 4^\circ\ 37'\ 59.9'' \\ \Omega = & 95\ \ 51\ \ 35.9 \\ i = & 22\ \ 30\ \ 20.3 \end{array}\right\} 1899.0$$
$$\log q = 0\ 358892.$$

Die anfangs vermutete Identität mit Komet 1867 I hat sich nicht bestätigt.

Komet 1898 IX, entdeckt am 12. September in 10^h Rekt. + 31° Dekl. von Perrine auf Mount Hamilton und am 14. September von Chofardet in Besançon. Der Kopf des Kometen war rund, 4—5′ im Durchmesser, von der Helligkeit eines Sternes 8. Grösse, mit deutlichem Kerne. Da der Komet sich zu gleicher

Zeit der Sonne und Erde näherte, nahm seine Helligkeit zunächst nicht unbedeutend zu, so dass er gegen Ende September dem blossen Auge soeben sichtbar und auch die anfangs nur angedeutete Schweifentwickelung deutlicher wurde. Leider aber näherte er sich zugleich dem Tageslichte, so dass jedenfalls über Anfang Oktober hinaus keine Beobachtungen mehr möglich gewesen sind. Von den bisher publizierten Ortsbestimmungen ist die von Chofardet in Besançon am 29. September angestellte die letzte.

Den Beobachtern auf der Südhalbkugel hätte der Komet Anfang November wieder sichtbar werden müssen, doch ist bis jetzt keine Beobachtung von dort eingelaufen.

Die nachfolgenden Elemente von Berberich beruhen auf drei Beobachtungen am 15., 21. und 28. September

T = 1898 Oktober 20.57786 mittlere Zeit Berlin
ω = 162° 20′ 25.5″ }
☊ = 34 53 31.6 } 1898.0
i = 28 51 1.2 }
log q = 9.623749.

Gegen Ende Oktober ist der Komet dem Planeten Merkur bis auf 0.3 nahe gekommen.

Komet 1898 X, entdeckt am 20. Oktober von Brooks in Geneva N. Y. in 15^h Rekt. und + 60° Dekl. Die Helligkeit war die eines Sternes 7. Grösse, der Durchmesser der Nebelhülle betrug 4′, eine zentrale Verdichtung war vorhanden. Zur Zeit der Entdeckung stand der Komet in der Erdnähe, doch fand in der nächsten Zeit wegen der abnehmenden Entfernung von der Sonne noch keine Verminderung der Helligkeit statt. Wegen interessanter photographischer Aufnahmen auf der Lick-Sternwarte vom 4.—14. November vergl. man Astrophys. Journal 8, p. 287. Die l. c. beschriebene Aufnahme vom 10. November zeigt deutlich eine Trennung des Kopfes in zwei Massen, welche im Fernrohre nicht sichtbar gewesen ist und sich auch auf einer Aufnahme vom 11. November nicht wiederholt hat. Gegen Ende November verschwand der Komet im Tageslichte; die letzte Beobachtung ist am 26. November von Winkler in Jena angestellt worden.

Ende Januar 1899 musste der Komet auf der Südhalbkugel in der Helligkeit eines Sternes 10. Grösse wieder sichtbar werden; Nachrichten über etwaige Beobachtungen stehen noch aus.

Dr. Ristenpart hat die folgenden Elemente aus drei Beobachtungen am 21., 27. Oktober und 6. November abgeleitet. Kreutz stellte denselben die Elemente des Kometen 1881 IV, auf das Äquinoktium 1898.0 reduziert, wegen ihrer frappanten Ähnlichkeit gegenüber.

	1898 X		1881 IV
T =	1898 November 23.19036 mittlere Zeit Berlin		1881 August 22.3
ω =	123° 33′ 40.8″	1898.0	122° 7′
☊ =	96 20 1.4	1898.0	97 17
i =	140 21 4.4	1898.0	140 14
log q =	9.878516		9.8018.

An eine Identität ist bei dem ausgesprochenen parabolischen Charakter der Bahn des Kometen 1881 IV nicht zu denken. Offenbar aber haben wir hier Glieder derselben Kometenfamilie vor uns, für welche ein gemeinsamer Ursprung kaum von der Hand zu weisen sein wird.

Für die Wiederkehr des I. Tempel'schen Kometen im Frühjahre 1899 hatte R. Gautier eine Ephemeride gerechnet, welche aber trotz eifrigster Nachforschung auf der Lick-Sternwarte zur Auffindung nicht geführt hat.«

Zu der Zusammenstellung der Kometenerscheinungen des Jahres 1897 [1]) ist folgendes noch zu sagen:

Komet 1896 V (Giacobini). Am 4. Januar 1897 ist der Komet auch zum letzten Male von Hussey auf Mount Hamilton beobachtet worden.

Brooks'scher Komet 1896 VI. Eine umfassende Bearbeitung der Erscheinungen von 1889 und 1896 von J. Bauschinger findet sich in den Veröff. des Königl. astron. Recheninstituts zu Berlin, Nr. 8.

Komet 1896 VII (Perrine). Aus einer grössern Reihe Beobachtungen vom 8. Dezember 1896 bis 1. März 1897 hat H. Osten die folgenden Elemente abgeleitet:

T = 1896 November 24.66571 mittlere Zeit Berlin

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 163^\circ\ 54'\ 2.2'' \\ \Omega &= 246\ \ 37\ \ 12.1 \\ i &= 13\ \ 40\ \ 17.4 \end{aligned}\right\} 1900.0$$

$$\varphi = 42\ \ 47\ \ 15.0$$
$$\mu = 550.901$$
$$\log a = 0\ 539289$$
$$U = 6.441 \text{ Jahre.}$$

Komet 1897 III. Die folgenden Elemente sind von J. Hewins aus Beobachtungen vom 16. Oktober bis 10. November abgeleitet worden.

T = 1897 Dezember 9.0302 mittlere Zeit Berlin

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 66^\circ\ 14'\ 2.1'' \\ \Omega &= 32\ \ 4\ \ 40.5 \\ i &= 69\ \ 38\ \ 35.1 \end{aligned}\right\} 1897.0$$

$$\log q = 0.131742.$$

Die Kometen des Jahres 1899. In diesem Jahre sind folgende Kometen aufgefunden und beobachtet worden, wobei nach dem Vorgange der »Astronomischen Nachrichten« [2]) die Buchstaben a, b, c die Reihenfolge der Anmeldungen der Entdeckungen bei der Zentralstelle angeben. Dieselbe fällt weg, sobald es möglich ist, die definitive Bezeichnung I, II, III u. s. w. gemäss der Ordnung nach den Perihelzeiten einzuführen.

Komet 1899a, entdeckt am 2. März von Swift in Echo Mountain,
» 1899b (der periodische Tuttle'sche Komet), aufgefunden am 5. März von M. Wolf in Heidelberg,

---

[1]) Jahrbuch 9. p. 37.
[2]) No. 3532.

Komet 1899c (zweiter Tempel'scher, 1873 II), aufgefunden am 6. Mai von Perrine auf Mount Hamilton,
» 1899d (Holmes'scher), aufgefunden am 10. Juni von Perrine auf Mount Hamilton,
» 1899e, entdeckt am 29. September von Giacobini in Nizza.

Die Bahnelemente des Kometen Tempel 1873 II sind für die Erscheinungen 1873, 1878, 1894 und 1899 von L. Schulhof berechnet worden.[1]) Die von dem Berechner früher[2]) angegebene Beschleunigung der mittlern Bewegung dieses Kometen beruht, wie er jetzt gefunden, auf einem Fehler in Störungsrechnungen und besteht also nicht.

Die Bahn des Kometen 1890 II ist von E. Strömgreen untersucht worden,[3]) mit der Absicht, festzustellen, ob dieser Komet, ähnlich wie Thraen von dem Kometen 1886 II nachgewiesen, infolge der planetarischen Störungen aus einer parabolischen in eine hyperbolische Bahn geworfen worden sei. Die Rechnung ergab, dass der Komet 1890 II sich in hyperbolischer Bahn der Sonne genähert, und dass die Differenz e—1, welche im September 1889 0.001012 betrug, anfangs rasch abnahm, dann sich aber mehr und mehr einer festen Grenze näherte, deren Wert der Rechner zu 0.00012 bestimmt.

Der Komet 1899a (Swift) ist auf der Lick-Sternwarte sorgfältig beobachtet worden.[4]) C. D. Perrine hat am 36 Zoller besonders die physischen Veränderungen im Kopfe des Kometen studiert. Vor dem Periheldurchgange erschien das Gestirn als einfache, runde, gegen die Mitte hin heller werdende Nebelmasse mit schwachem Kerne und höchstens einer Spur von Schweif. Nach dem Perihel war der Kern heller, und der Komet zeigte einen mehrere Grad langen Schweif. In den Frühstunden des 7. Mai glich der Kern einem Sterne 7. Grösse, und der Kopf des Kometen hatte einen Durchmesser von 6'. Am 11. Mai war ein zweiter Kern deutlich sichtbar 9.5. Grösse, während der andere 8. Grösse erschien. Die Distanz beider betrug 12.5"; sie nahm zu und war am 21. Mai 29.4" dabei der Hauptkern 9., der andere 11.5. Grösse. Am 26. Mai konnte bei schlechter Luft der zweite Kern nicht mehr gesehen werden, ebensowenig am 3. Juni, wo der andere Kern 9. Grösse geschätzt wurde. Am 4. Juni erschien dieser sternartig und 8.5. Grösse, etwa 1" im Durchmesser und von einer hellen Nebelkondensation umhüllt, die gegen Süd hin eine Verlängerung zeigte, ähnlich einer sekundären Kondensation. Am 8. Juni erschien diese sehr schwach. Nach dem Erscheinen dieser Kondensation nahm der Kern rapid an Helligkeit ab und war am 26. Juni nur noch 12. bis 13. Grösse.

---

[1]) Bull. Astronomique 16. p. 298. 1899.
[2]) A. a. O. 15. p. 344.
[3]) Öfversigt af k. Sv. Vet. Akad. Förhandl. 1898. No. 7, 9. Stockholm.
[4]) Publ. of the Astron. Society of Pacific 1899. No. 69.

Perrine hat am 18. Mai und 9. Juni auch Messungen angestellt, um festzustellen, ob das Licht kleiner Sterne beim Durchgange durch den Kopf des Kometen eine Brechung erleide. Eine solche hat W. Meyer bei dem Grossen Kometen 1881 III wahrzunehmen geglaubt,[1]) während Burnham und Barnard beim Wolf'schen Kometen 1891 nichts dergleichen fanden.[2]) In den Beobachtungen von Perrine passierte der Kern des Kometen zwischen zwei kleinen Sternen, und infolge einer etwaigen Lichtbrechung hätte die scheinbare Distanz derselben um den doppelten Betrag der Refraktion vergrössert werden müssen. Es zeigte sich indessen keine Spur von Lichtbrechung, obgleich die Lichtstrahlen der gemessenen Sterne am 18. Mai etwa 160000, am 9. Juni 122—134000 englische Meilen durch die Materie des Kometenkopfes zurücklegen musste.

Von grosser Wichtigkeit sind die photographischen Aufnahmen des Kometen, welche auf der Lick-Sternwarte erhalten wurden. Sie wurden von E. F. Coddington und H. K. Palmer nach dem Periheldurchgange in der Zeit vom 6. Mai bis zum 13. Juni 1899, so oft die Umständes erlaubten, angestellt. Im ganzen sind 30 Negative erhalten worden, darunter neun von Coddington mit dem Crocker-Photographic-Telescope und 21 mit einer 6zolligen Willard-Linse durch Palmer. Da sich ergab, dass es wegen der Lichtschwäche des Kometen nicht möglich war, befriedigende Aufnahmen mit kurzen Expositionen zu erhalten, und auf diese Weise etwaige rasche Veränderungen im Schweife zu konstatieren, so wurde die ganze verfügbare Zeit jeder Nacht auf eine einzige Exposition verwendet. Man sieht deshalb auf den Aufnahmen, bei denen der Komet während der Expositionsdauer unverrückt im Gesichtsfelde gehalten wurde, die Sterne in seiner Umgebung als Striche, weil diese eine von der des Kometen verschiedene scheinbare Bewegung besitzen. Die Länge des Schweifes war am 10. Mai anscheinend am grössten, wie die Photographie zeigte betrug sie über 9°, oder 15 Millionen engl. Meilen. Dem blossen Auge erschien damals der Komet als ein nebeliger Stern 5. bis 6. Grösse. Der Rechnung nach musste der Komet das zweite Maximum seiner Helligkeit erst am 22. Mai erreichen, aber am 15. Mai war der Schweif nach 144 Minuten Expositionsdauer nur noch 5° 40′ lang. Die grösste Veränderung im Aussehen des Schweifes fand zwischen dem 6. und 7. Mai statt, doch sind die damals erhaltenen Negative zu schwach zur Reproduktion. Die Aufnahme vom 6. Mai zeigt einen Hauptarm des Schweifes von 7° Länge, neben dem an jeder Seite ein kurzer Schweif erscheint. Auf der Darstellung vom 7. Mai sieht man an jeder Seite eine Anzahl von kurzen Strichen, und das Ganze bietet ein Aussehen, als wenn der Kopf des Kometen um eine zur Sonne gerichtete Achse rotierte, und die einzelnen Schweifsträhne durcheinander verschlungen

---

[1]) Astr. Nachr. No. 2471.
[2]) A. a. O. No. 3072.

seien. Eine Andeutung davon sieht man auf der Photographie vom 8. Mai, doch scheint die Verschlingung hier weiter vom Kopfe entfernt als in der vorhergehenden Nacht; auch in der Photographie vom 9. Mai zeigen sich noch Spuren derselben. Auf einer am 9. Juni erhaltenen Photographie erscheint die Nebelmasse in der Nähe des Kometenkopfes elliptisch und lässt die Bildung eines zweiten Schweifes vermuten, der mit dem bereits vorhandenen einen Winkel von vielleicht 15° macht. In der folgenden Nacht hat sich die Projektion schon zu zwei rudimentären Schweifen entwickelt. Am 13. Juni ist Gestalt und Position die gleiche, allein der Hauptschweif ist schwächer, obgleich nicht kürzer als vorher. Leider war der Komet mittlerweile so lichtschwach geworden, dass fernere Photographien nicht mehr erhalten werden konnten.

Zur Frage nach den Bahnen der Kometen ausserhalb des Sonnensystems hat Dr. E. Strömgren einen sehr bemerkenswerten Beitrag geliefert.[1]) Bis auf die letzte Zeit wurde jede Kometenbahnabhandlung mit der Angabe der Bahnelemente abgeschlossen, wie sie direkt mit Hilfe des vorhandenen Beobachtungsmaterials erhalten wurden, mit oder ohne Rücksicht auf diejenigen Störungen, welche der Komet während der Beobachtungszeit durch die Einwirkung der grössern Planeten erlitten hatte.

Thraen ist der Erste, welcher eine Rückwärtsrechnung der Störungen (für Komet 1886 II) ausgeführt hat, um die Einwirkung der Planetenstörungen vor der Beobachtungszeit zu ermitteln, d. h. um die Bahn abzuleiten, in welcher sich der Komet ursprünglich unserer Sonne genähert hat. Thraen führte die Rechnung mit Jupiter und Saturn als störenden Planeten aus und erhielt für die Bahnexzentrizitäten folgende Werte:

Oskulationsepoche	e
8. Dezember 1885	1.000228
15. August 1884	1.000177
23. April 1883	1.000052
5. Oktober 1882	1.000002

Hieraus folgert nun Thraen, dass, wenn wir zeitlich noch weiter zurückgehen würden, die Bahnexzentrizität des Kometen 1886 II unter die Einheit herabsinken würde, und dass also der Komet sich ursprünglich in einer elliptischen Bahn unserer Sonne genähert hätte.

Als Dr. Strömgren die Berechnung der Bahn des Kometen 1890 II abgeschlossen, und er für diese eine unzweifelhaft hyperbolische Exzentrizität gefunden hatte, deren wahrscheinlicher Fehler nicht den 30. Teil ihres Überschusses über die Einheit betrug ($e = 1.0004103 \pm 0.0000130$), beschloss er, in derselben Weise, wie es Thraen bezüglich des Kometen 1886 II gemacht hatte, zu untersuchen, ob nicht die Abweichung der Bahn von der Parabel-

[1]) Astr. Nachr. No. 3605.

form durch Störungen von Seiten der grossen Planeten verursacht wäre. Die Rechnung wurde nach der Encke'schen Methode ausgeführt, und zwar wurden Jupiter und Saturn als störende Planeten herangezogen. Verf. stand eben im Begriff die gewonnenen Störungswerte für die Berechnung der Bahnexzentrizitäten zu verwenden, als seine Aufmerksamkeit auf einen Umstand gelenkt wurde, welchen Thraen übersehen hat, der aber für die in Frage stehende Aufgabe eine entscheidende Rolle zu spielen schien.

Wenn wir nämlich, sagt Strömgren, die Störungen nach der Encke'schen Methode rückwärts rechnen, so erhalten wir die Koordinaten und die Geschwindigkeitskomponenten des Kometen in Bezug auf den Mittelpunkt der Sonne. Wir können nun zwar für einen beliebigen Zeitpunkt aus den so ermittelten Koordinaten und Geschwindigkeiten nach den aus den Kepler'schen Gesetzen folgenden Vorschriften einen Kegelschnitt, die sogenannten oskulierenden Elemente der Epoche, berechnen, die uns z. B. als ein Hilfsmittel bei einer weiter zu führenden Störungsrechnung dienen können, aber diese Elemente geben für die von dem Kometen im Raume beschriebene Bahn niemals einen exakten Ausdruck.

Die oskulierenden Elemente der Epoche geben nämlich diejenige Bahn um den Mittelpunkt der Sonne an, in welcher der Komet laufen würde, wenn in diesem Augenblicke die störenden Planeten vernichtet würden, wenn also der Komet nur der Attraktion der Sonne überlassen würde, und ausserdem die Sonne selbst mit ihrer in diesem Augenblicke stattfindenden, von den Störungen der grossen Planeten verursachten Geschwindigkeit fortliefe.

Von diesen Voraussetzungen kann thatsächlich aber die letztere niemals erfüllt werden, da die in der Lage der Sonne verursachten Störungen nur periodische Veränderungen erleiden aber nie gleich Null werden. Es giebt daher in der Natur keinen Bewegungszustand, welcher den »oskulierenden Elementen« genau entspricht, und auf die Frage nach der Bahn, in welcher sich der Komet ursprünglich unserer Sonne genähert hat, giebt die oskulierende Exzentrizität keine Antwort.

Dr. Strömgren zeigt nun, dass man auf zwei Wegen die Schwierigkeit beseitigen und von ihm sogenannte konvergierende Bahnelemente erhalten kann, welche die Exzentrizität der Bahn so ergeben, wie sie wirklich die ursprüngliche Beschaffenheit der Kometenbahn kennzeichnet.

Strömgren hat nach diesen Methoden die Bahn des Kometen 1890 II berechnet. Das Resultat der Rechnung ist: Der Komet 1890 II hat sich ursprünglich in einer hyperbolischen Bahn mit der Exzentrizität 1.00012 der Sonne genähert, und ist dies der erste Fall, wo die Beschaffenheit der ursprünglichen Bahn eines sogenannten nichtperiodischen Kometen dargelegt worden ist.

Aus dem oben Erwähnten geht hervor, dass die oskulierende Exzentrizität einer Kometenbahn zur Zeit des Periheldurchganges



8. Mai 1899. 14h 20m bis 15h 30m | 9. Mai 1899. 14h 8m bis 15h 30m | 10. Mai 1899. 14h 4m bis 15h 32m

Komet von 1899 (Swift).

nicht benutzt werden kann, um einen exakten Ausdruck der Beschaffenheit der Bahn zu geben für die Zeit, wo der Komet sich in grosser Entfernung von der Sonne befindet.

Bei einer Kometenbahn mit einer Exzentrizität, welche zu der Oskulationsepoche etwas kleiner als die Einheit ist, d. h. bei einer sehr langgestreckten elliptischen Bahn, kann man, um einen sichern Wert der Umlaufszeit des Kometen zu bekommen, nicht ohne weiteres die oskulierende Exzentrizität verwenden. Um in dieser Beziehung zu einem Resultate zu gelangen, ist es notwendig, eine Rückwärtsrechnung der Störungen auszuführen und ausserdem für die Geschwindigkeiten der Sonne Korrektionen zu machen.

»Die Frage nach der Exzentrizität der Bahnen,« sagt schliesslich Dr. Strömgren, »ist entscheidend in Bezug auf den Platz, welcher in kosmogonischer Hinsicht den Kometen überhaupt zugewiesen werden muss, und zu diesem Zwecke sind von verschiedenen Autoren auf Grund der Verzeichnisse der bis jetzt berechneten Kometenbahnexzentrizitäten Überschläge gemacht worden. Aus der obigen Darstellung geht hervor, dass die oskulierenden Exzentrizitäten (z. B. in Galle's Kometenbahnverzeichnis) für diesen Zweck völlig unbrauchbar sind.

Es kann eigentümlich erscheinen, dass von allen frühern Verfassern die Thatsache übersehen worden ist, dass man, um aus den Kometenbahnberechnungen einige kosmogonische Schlussfolgerungen ziehen zu können, nicht nur eine Rückwärtsrechnung der Kometenstörungen ausführen muss, sondern auch nach der beschriebenen Methode die Exzentrizitäten für die Störungen der Sonne reduzieren muss.

Das Übersehen dieser Thatsache beruht wahrscheinlich darauf, dass man sich über die Grösse des Einflusses der Kometen- und Sonnenstörungen auf die Bahnelemente keine richtige Vorstellung gebildet hat. Wir wollen zunächst diese Frage etwas näher ins Auge fassen.

Schon aus der Rechnung Thraen's ist es einleuchtend, welche Bedeutung die Störungen des Kometen für die oskulierenden Elemente besitzen, und aus meiner Rechnung für den Kometen 1890 II geht hervor, dass die Reduktion für die Sonnenstörungen eine ebenso wichtige Rolle spielt.

Für die Bahnelemente der beiden in Frage stehenden Kometen ist der Effekt der Störungen von derselben Grössenordnung wie die Korrektionen, deren Ableitung der Zweck der ganzen vorhergegangenen zeitraubenden Bahnberechnung gewesen ist. Und es giebt keinen Grund, weshalb wir annehmen sollten, dass es sich nicht ebenso bei allen andern Kometenbahnen verhält.

Es stellt sich also heraus, dass die Reduktion für die Störungen nicht eine Korrektion darstellt, welche nur eine kleine Verbesserung der früher erhaltenen Werte bedeutet; im Gegenteil hat sie eine durchaus fundamentale Bedeutung, und das Resultat der ganzen

vorherigen Bahnberechnungsarbeit wird ohne diese Reduktion in kosmogonischer Hinsicht völlig nichtssagend.

Von allen denjenigen Elementensystemen, welche bis jetzt berechnet wurden, ist es nur ein sehr kleiner Bruchteil, der für kosmogonische Zwecke verwertet werden kann. Es sind nur einige Kometen aus den letzten Dezennien, welche in Bezug auf das Beobachtungsmaterial so beschaffen sind, dass die Bahnelemente die für unsern Zweck nötige Genauigkeit besitzen. In vielen Fällen sind die wahrscheinlichen Fehler der Elementenverbesserungen gar nicht berechnet worden, und bei Kometen, für welche eine solche Berechnung ausgeführt wurde, sind die wahrscheinlichen Fehler nicht selten von derselben Grössenordnung wie die abgeleiteten Elementenkorrektionen selbst.«

Sternschnuppen und Meteorite.

Das grosse Meteor vom 18. August 1898. An diesem Tage wurde 8^h 57^m mittl. Zeit von Breslau in Schlesien und andern Teilen Ostdeutschlands, sowie in Österreich ein helles Meteor gesehen, dessen Bahn Dr. Grundmann in Breslau, der es auch selbst beobachtete, berechnet hat.[1])

Dieser Rechnung konnten Angaben über den scheinbaren Lauf des Meteors an sechs verschiedenen Orten zu Grunde gelegt werden und eine siebente, nachträglich bekannt gewordene, fand sich in vortrefflicher Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Rechnung.

Es ergab sich zunächst für die Lage des Ortes auf der Erdoberfläche, über welchem senkrecht das Meteor erlosch, ein Punkt von 18^0 29.3′ Länge östl. von Greenwich und 50^0 15.6′ nördl. Br., d. h. ein Ort etwa 1.8 geogr. Meilen westsüdwestlich von Gleiwitz. Ferner fand sich die Höhe des Hemmungspunktes des Meteors zu 6.26 geogr. Meilen mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm$ 0.56 geogr. Meilen. Endlich fand sich als Ort der Erdoberfläche senkrecht, über welchem das Meteor in 22.3 geogr. Meilen Höhe aufleuchtete, ein Punkt von 14^0 51.9′ östl. L. von Greenwich und 50^0 0.5′ nördl. Br., also 4.4 geogr. Meilen östlich von Prag. »Von hier bewegte sich die Feuerkugel in schräg abwärts geneigter Bahn über Böhmen und Österreich. Schlesien hinweg bis in die oben erwähnte Gegend bei Gleiwitz in Oberschlesien, wo sie unter einem Winkel von 23^0 gegen den Horizont anlangte, und woselbst sich gleichzeitig eine Zenithattraktion von 43′ herausstellte. Der so durchlaufene Weg betrug 38.94 geogr. Meilen, und da die Dauer des Phänomens von Pastor Graetz in Reichthal mit Bestimmtheit zu 5^s angegeben wurde, eine Maximaldauer, die auch mit den übrigen Beobachtungen gut übereinstimmt, so stellt sich die Ge-

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3566.

schwindigkeit des Meteors innerhalb der Atmosphäre auf 7.79, wegen der Erdanziehung verbessert auf 7.64 geogr. Meilen.

Der wahre Radiationspunkt am Himmel, aus dem das Meteor kam, liegt in 219.8° Rekt. und + 2.8° Dekl., während sich als wahre oder kosmische Geschwindigkeit der Wert von 10.94 geogr. Meilen ergiebt. Diesen letztern Daten entspricht als wahre Bahn des Meteors eine stark exzentrische Hyperbel, in welcher das Meteor seine Sonnennähe 1898 August 11.25 erreichte. Die Länge des Perihels betrug 304° 25′, des aufsteigenden Knotens 146° 47′, die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 18° 30′, die kürzeste Perihel-distanz 0.9456, die Exzentrizität 6.24, die Bewegungsrichtung war direkt.

Das Meteor überholte die Erde auf ihrer jährlichen Bahn, den Radiusvektor derselben unter einem Winkel von 109° schneidend. Die Bahn innerhalb unseres Sonnensystems wich, vermöge der enormen Geschwindigkeit dieses Himmelskörpers, die noch im Unendlichen 9.39 geogr. Meilen betrug, von einer geraden Linie nur wenig ab.

Über die Meteore des 20. bis 30. November hat Adolf Hnatek der Wiener Akademie eine Abhandlung überreicht, welcher die Beobachtungen von gegen 1000 Meteoren im Zeitraume von 60 Jahren (1837—1897) zu Grunde liegen. Es liessen sich 26 Radiationspunkte ableiten, darunter 13, deren Positionen sich mit verhältnismässig hoher Genauigkeit ergaben. Dabei zeigten sich einige interessante Relationen. Trägt man alle Radianten in eine Karte ein, so bemerkt man sofort, dass mehr als ein Drittel derselben in einem Kleinkreise enthalten ist, der mit einem Radius von ungefähr 25° um den Bielidenradianten als Pol beschrieben wird. Dies scheint darauf hinzuweisen, dass diese Radiationen ihre Thätigkeit Teilen des Hauptstromes verdanken, die gelegentlich durch die Anziehungskraft der Erde in andere Bahnen geworfen worden waren. Während weiter die Thätigkeit des Bielidenstromes im Jahre 1872 nur einen Tag (27. November) umfasste, erstreckte sich dieselbe im Jahre 1885 auf fünf und im Jahre 1897 sogar auf acht Tage. Die Auflösung des Stromes scheint daher seit 1872 einen raschen Fortschritt gemacht zu haben. Was die 13 Radiationen betrifft, welche sich mit grösserer Genauigkeit ergeben haben, so wurden deren Positionen nach einem eigenen Verfahren von dem Einflusse der Zenithattraktion befreit und hierauf die Bahnelemente der zugehörigen Meteorströme gerechnet und dieselben mit den Elementen aller bis 1898 erschienenen Kometen verglichen. Eine Zusammengehörigkeit hat sich jedoch in keinem Falle konstatieren lassen.

Mittlere Höhe einiger Meteore des Perseïdenschwarmes. Während der Erscheinung der Perseïden in den Nächten des 10. und 11. August 1898 sind mehrere Meteore an verschiedenen Orten

gleichzeitig beobachtet worden. Aus zehn korrespondierenden Beobachtungen hat W. F. Denning folgende mittlern Werte abgeleitet:

Höhe der Meteore beim Aufleuchten	. . .	129.4 *km*
" " " " Verschwinden	. . .	89.8 "
Beobachtete Bahnlänge	. . . .	60.3 "

Radiationspunkt: Rekt. 48.1°, Dekl. + 48.5°.[1])

Die Beobachtung des Leonidenschwarmes 1898, welche Prof. Weiss auf dem Semmering organisierte, ergab[2]) als wahrscheinliches Resultat, dass die Erde die Vorläufer des Leonidenstromes bereits in der Nacht vom 13. auf den 14. November erreichte, und dass sie den dichtesten Schwarm desselben während der Tagesstunden des 15. November durchschnitt. Ist diese Ansicht richtig, dann wäre in Indien und Ostasien das Phänomen in seinem Hauptglanze erblickt worden. Jedenfalls aber dauerte 1898 der Durchgang der Erde durch einen dichten, an relativ grossen Körperchen reichen Teil des Stromes mehr als 24 Stunden; es scheint daher der Querschnitt desselben seit seiner letzten Erscheinung in 1866 sich sehr vergrössert zu haben.

Die Sternschnuppen des November 1899. Die beiden Sternschnuppenfälle der Leoniden, welche um den 15. und 16. und der Andromeden (Bieliden), welche um den 23. November 1899 zu erwarten waren, und von denen besonders der erstere als aussergewöhnlich reichhaltig betrachtet werden durfte, haben die Erwartungen der Astronomen durchaus getäuscht. Zur möglichst genauen Aufnahme der Meteorbahnen waren dieses Mal auch photographische Apparate konstruiert worden, und zwar sowohl seitens des Harvard-Observatoriums in Nordamerika, als seitens des Wiener Observatoriums, sowie durch Dr. Karl Kostersitz in Wien. Der Erfolg ist, soweit dies bis jetzt überblickt werden kann, nur ein geringer gewesen. Über die Ursachen des sehr verminderten Auftretens besonders der Leoniden ist zur Zeit noch nichts Entscheidendes zu sagen; man wird wohl die Erscheinung im November 1900 abwarten müssen.

Inzwischen bemerkt Prof. Deichmüller,[3]) »dass möglicherweise die Hauptmenge der Leoniden gegenwärtig auf ein sehr kurzes Bahnstück zusammengedrängt ist, welches die Erde im November 1866 passiert hat, und das am 27. Januar 1900 die Erdbahn wieder kreuzen wird.«

Meteorradianten im grossen Bären. W. F. Denning macht[4]) darauf aufmerksam, dass das Sternbild des grossen Bären und dessen nächste Umgebung eine Anzahl von Radiationspunkten zeigt, die im

---

[1]) Ciel et Terre 20. p. 119, 1899.
[2]) Astron. Nachr. No. 3538.
[3]) Astron. Nachr., No. 3608.
[4]) Observatory 1899 No. 276. p. 90.

Herbste, Winter und Frühjahre zahlreiche Meteore entsenden. Der hervorragendste Radiant ist in α 154°, δ + 40° und sehr thätig im November, wobei er nicht selten helle Meteore mit Schweifen liefert, ähnlich den Leoniden. Ein anderer Radiant liegt in α 134°, δ + 68° nahe bei σ Ursae und ist vorzugsweise im September thätig, liefert aber auch im Winter und bis zum April hin Meteore.

Der Meteorit von Meuselbach in Thüringen. Am 19. Mai 1897 abends 3/4 8 Uhr fiel zu Meuselbach im Thüringer Walde unweit Amt Gehren aus NNO unter einem Neigungswinkel von etwa 40° mit einem, dem Summen von Telegraphendrähten ähnlichen Geräusch ein Meteorit von etwa 870 *g* Gewicht, der im fürstlichen Naturalienkabinet zu Rudolstadt aufbewahrt wird. Nach den Untersuchungen gehört dieser Meteorstein mit matter pechartiger, bräunlichschwarzer, etwa 0.3 *mm* starker Rinde von parallelepipedischer Form zu der Unterabteilung der Chondrite. Er zeigt ein krystallinisches, feinkörniges Gefüge, ist hellgrau und hat eine porphyrartige Struktur durch das Auftreten zahlreicher kleiner, kugelförmiger Chondren. In Übereinstimmung mit der chemischen Analyse zeigt er sich unter dem Mikroskop als bestehend aus Chromeisenerz, Olivin, Bronzit, Nickeleisen, Troilit (FeS), einem nicht näher bestimmbaren, farblosen bis schwach gelblichen, regulären Minerale und farblosem, stellenweise durch Chromit und Olivin dunkel gefärbtem Glase. Die Chondren erscheinen als die letzten Krystallausscheidungen, teils skelettartig, teils konkretionär, sind bald exzentrisch-radialfaserig, bald körnig und bestehen aus Olivin und Bronzit, untermischt mit farblosem Glase. Nachträgliche, sekundäre Veränderungen des Ganzen sind mechanische Deformationen der Bestandteile und eine starke Auflockerung durch vielfache Sprünge.[1])

Feuerkugel- und Meteoritenfall im russischen Ostseegebiete. Am 12. März 9^h 47^m abends sah ein Beobachter in Riga eine Sternschnuppe von mässiger Helligkeit aus der Cassiopeja kommen, die sich gegen NNO zum Horizont hin bewegte und anfangs langsam, dann sehr rasch an Glanz zunahm. Nach wenigen Sekunden bot sie die Erscheinung einer prachtvollen Feuerkugel dar, welche den ganzen Himmel mit bläulichem Lichte so intensiv beleuchtete, dass die Gegenstände im Freien einen tiefen Schatten warfen, so dass, wie aus den inzwischen eingegangenen Mitteilungen hervorgeht, zahlreiche in ihren Wohnungen befindliche Personen auf die Naturerscheinung aufmerksam wurden. Dieselbe Feuerkugel ist in Kur-, Liv-, Est- und Finnland beobachtet worden und schliesslich bei Borgo nicht weit vom Ufer ins Meer gestürzt. Die Masse wäre für die Wissenschaft verloren, wenn nicht ganz ungewöhnliche, günstige Umstände obgewaltet hätten. Das Meer war nämlich zugefroren; der nieder-

---

1) Naturwissenschaftl. Rundschau 14. p. 372.

fallende Block hat in der Eisdecke ein Loch von 9 *m* Durchmesser erzeugt, welches in sehr wirksamer Weise die Untersuchungen geleitet hat. Man erkannte die Anwesenheit eines in den Schlamm tief eingesunkenen Meteoriten, und obwohl man ihn noch nicht hat auffischen können, konnte man eine Vorstellung von seinem Volumen und seinem Gewicht gewinnen, das etwa 1000 *kg* betragen mag. Den neuesten Nachrichten zufolge soll der Meteorit gehoben sein.

Der Meteorit von Ergeo bei Brava auf der Somalihalbinsel. Dieser Meteorit, welcher im Juli 1889 niedergefallen, ist von E. Artini und G. Melzi untersucht worden.[1]) Derselbe zeigte sich als Steinmeteorit, war fast vollständig, hatte ungefähr die Gestalt eines Pyramidenkegels mit trapezoider Grundfläche und ein Gewicht von 20.375 *kg*; das Fehlende mochte etwa 300 *g* ausmachen; sein spezifisches Gewicht war bei 18° = 3.31. Infolge des fünfjährigen Aufenthaltes in der Erde, einem sandigen Aluviumterrain, war der Meteorstein zum Teil mit einer verschieden dicken Inkrustationsrinde bedeckt, die aus den Elementen des Bodens bestand; stellenweise hingegen war die ursprüngliche Schmelzrinde des Meteorsteines zu sehen, die das gewöhnliche Aussehen einer dünnen, schwarzen Glasur mit kleinen Rauhigkeiten darbot. Auch unter der Kruste war die Schmelzrinde an manchen Stellen unversehrt erhalten, an andern jedoch war sie umgewandelt. Wo die Schmelzrinde unverändert geblieben, war das Aussehen des Meteoriten das von den Meteorsteinen bekannte typische. Auf dem frischen Bruche zeigte sich die kompakte, harte Gesteinsmasse von sehr dunkler, graugrüner Farbe; sie ist krystallinisch, zuweilen glänzend und lässt kleine, spiegelnde Spaltfacetten erkennen. Schon die oberflächliche Betrachtung zeigte, dass metallisches Nickeleisen sehr selten und ungleichmässig zerstreut ist. Ebenso klein und ungleichmässig zerstreut, aber etwas zahlreicher, sind die Schwefeleisenkörnchen, die sich durch Metallglanz und bronzegelbe Farbe auszeichnen. Die sehr dunkle, gleichmässige Farbe des Innern und seine Zähigkeit erschwerten den Nachweis der Chondren und ihre Isolierung; man konnte jedoch reichlich kleine, unregelmässige Höhlungen beobachten, welche mit unvollkommenen Olivinkryställchen ausgekleidet waren. Vollständig fehlten Adern von der Natur der äussern Schmelzkruste, die bei einigen Gruppen von Chondriten so häufig und mikroskopisch erkennbar sind; ebenso fehlte jedes Anzeichen einer breccien- oder tuffartigen Struktur, wobei aber zu bemerken ist, dass die starke Färbung der Grundmasse jedenfalls ihre Erkennung sehr erschweren musste.

Sehr auffallend war die Farbe, welche sich von derjenigen der meisten Chondriten unterscheidet, und nach Cohen der Farbe des grünen Meteoriten von Homestead ähnlich ist, der sich aber durch seine Struktur von dem vorliegenden wesentlich unterscheidet. Durch

---

[1]) Rendiconti Reale Istituto Lombardo [2] 31. p. 983. 1898.

diese Farbe, durch die gleichmässige, ausgesprochen krystallinische Struktur, durch den stärkern Zusammenhalt seiner Elemente, durch die Seltenheit der Chondren, die so fest mit der Grundmasse zusammengeschweisst sind, dass sie mit ihr zerbrechen, durch das Fehlen der schwarzen Adern und der plastischen Struktur hat dieser Meteorstein ein ganz verschiedenes Aussehen von dem der gewöhnlichen Chondriten, und schon die mikroskopische Untersuchung lässt den Meteoriten der Gruppe der krystallinischen Chondriten Brezinas zuzählen.

Die mikroskopische Untersuchung hat diesen Schluss vollkommen bestätigt. Unter den Bestandteilen herrschen Olivin und Pyroxen vor, in geringen Mengen schliessen sich an: Troilit (Schwefeleisen), metallisches Nickeleisen, Magnetit, Glas und Maskelynit. Sie setzen sowohl die Grundmasse als auch die Chondren zusammen, wie dies die ausführliche Beschreibung der mikroskopischen Befunde lehrt.[1])

Platin und Iridium in einem Meteoreisen. John M. Davison hat beim Coahuila- und Toluca-Eisen Untersuchungen auf Platin angestellt. Die Lösung mit Salzsäure liess ein schwarzes Sediment zurück, welches bei jeder Analyse Platin ergeben hat, und zwar wurde aus 608.6 *g* des Coahuila-Eisens 0.014 *g* Platin metallisch erhalten und 0.0015 *g* eines in Königswasser unlöslichen, schwarzen Pulvers, das, mit Zink geschmolzen, sich in dieser Säure löste und mit Salmiak einen dunkelroten, krystallinischen Niederschlag gab, der wahrscheinlich Ammonium-Iridiumchlorid war. Aus 464 *g* Toluca-Eisen wurden einige Krystalle von Kaliumplatinchlorid erhalten, die eine rötliche Farbe besassen und wahrscheinlich Iridium enthielten. Mikroskopische Diamanten sind in diesen Meteormassen nicht gefunden worden.[2])

Vanadium in Aërolithen. Dieses Metall kommt auf der Erde nur in sehr geringen Mengen vor, allein nach den neuern Untersuchungen von Dieulafait, Becchi und vor allen Hillebrand's findet es sich in einer grossen Anzahl der verschiedensten Mineralien vor.[3]) Sonach ist es in Wirklichkeit ein ausserordentlich weit über die Erde verbreitetes chemisches Element, das aber überall nur in sehr geringen Quantitäten auftritt. Eine genaue Untersuchung des Vanadiumspektrums im elektrischen Bogen, welche B. Hasselberg ausgeführt hat, ergiebt, dass unter mehrern hundert Linien desselben eine grosse Anzahl mit Absorptionslinien des allgemeinen Sonnenspektrums korrespondieren. Dabei ist auffallend, dass nur die stärksten Linien des Vanadiumspektrums im Sonnenspektrum gefunden werden, und zwar als schwache Absorptionslinien, während die schwachen Linien

---

[1]) Naturwissenschaftl. Rundschau 14. No. 3. p. 33.
[2]) American Journal of Science [4] 7. p. 4. 1899.
[3]) American Journal of Science [4] 6. 1898.

des Vanadiums ganz im Sonnenspektrum fehlen. Dies deutet nach Hasselberg darauf, dass die in der umkehrenden Schicht der Sonnenatmosphäre vorhandene Menge von Vanadiumdampf entweder unbeträchtlich oder hauptsächlich auf die heissesten Regionen beschränkt ist. Der Kontrast zwischen der allgemeinen Oberfläche der Sonne und den Flecken derselben ist in der erwähnten Hinsicht sehr gross, denn in dem Spektrum der Sonnenflecken treten die Vanadiumlinien nach Young sehr stark hervor.

Den direkten Nachweis von Vanadium in den Atmosphären der Fixsterne kann man zur Zeit spektroskopisch nicht liefern wegen der Lichtschwäche der Sternspektra, aber ausser den Sternen giebt es noch eine Klasse von kosmischen Körpern, deren chemische Untersuchung von nicht geringerer Wichtigkeit ist, nämlich die Meteorite. Es ist einigermassen überraschend, dass die spektroskopische Untersuchung bis jetzt auf diese Weltkörper noch wenig angewendet worden ist, denn ausser den Untersuchungen Lockyer's über die Spektra der Eisenmeteorite von Nejed und Obernkirchen und denjenigen von Hartley und Ramage über gewisse Meteorite, sind keine wichtigen Arbeiten nach dieser Richtung hin bekannt. Hasselberg hat daher eine grössere Arbeit ausgeführt, welche photographische Aufnahmen der Spektra einer Anzahl Meteorite im elektrischen Flammenbogen zeigen,[1]) nachdem ihm Prof. Nordenskjöld das Meteoritenmaterial dazu aus der Sammlung des Königl. Museums zur Verfügung gestellt hatte.

Hasselberg beschränkt sich in seiner Mitteilung zunächst auf das Ergebnis einer Durchsicht der Spektra in Bezug auf das Vorkommen von Vanadiumlinien. Es wurde zu diesem Behufe die Hauptgruppe des Vanadiumspektrums und der benachbarten Linien zugleich mit dem nämlichen Teile des Spektrums, welches der untersuchte Meteorit gab, photographiert. Auf diese Weise liess sich leicht entscheiden, ob Vanadium in den untersuchten Meteoriten vorhanden war oder nicht. Im ganzen wurden 30 verschiedene Meteoriten nach dem Aussehen ihrer Spektra untersucht und die Ergebnisse in einer Tabelle zusammengestellt. Es fand sich, dass die in den Meteoriten vorhandene Quantität an Vanadium nur gering sein kann, denn die Intensität der Spektrallinien ist stets nur schwach, sehr im Gegensatze zu dem Glanze derselben im Spektrum des Metalles. Anderseits ist der Gehalt an Vanadium bei den verschiedenen Meteoriten sehr ungleich; so sind diejenigen von New-Concord, Lundsgarden, Knyahinya und Soko-Banja sichtlich reicher an Vanadium als die Meteoriten von Ställdalen, Hessle, Clégueréc und andere. Eine andere Thatsache von grosser Wichtigkeit, welche sogleich in die Augen springt, ist die, dass die Meteorsteine stets mehr oder weniger Vanadium enthalten, dass aber dieses in den Meteoreisen völlig fehlt. Nur das sogenannte Meteoreisen von Grön-

---

[1]) Astrophysical Journal 9. No. 3. p. 143. 1899.

land macht eine Ausnahme, aber gerade bei diesem ist der meteoritische Ursprung sehr zweifelhaft. Die sogenannten Mesosiderite, welche mineralogisch eine Mittelstellung zwischen den meteoritischen Stein- und Eisenmassen einnehmen, zeigen diese auch in Bezug auf den Vanadiumgehalt, denn bei einigen ist er in geringem Grade vorhanden, bei anderen fehlt er völlig. Dieses Verhalten der beiden Klassen der Meteoriten lässt es in nicht geringem Grade als wahrscheinlich erscheinen, dass auch ihr kosmischer Ursprung ein verschiedener ist.

Früher hatte Lockyer aus seinen spektroskopischen Untersuchungen der beiden Meteoreisen von Nejed und Obernkirchen geschlossen, dass sie Vanadium enthielten. Die genaue Untersuchung von Hasselberg widerspricht dem vollständig, und so zeigt sich auch in diesem Falle wieder die schon oft erwiesene Unzuverlässigkeit der Behauptungen von Lockyer. Als Hasselberg den Teil des Vanadiumspektrums, welcher nach Lockyer mit dem Spektrum des Meteoreisens von Nejed übereinstimmen sollte, zusammen mit diesem auf derselben Platte photographierte, fand sich nicht die geringste Spur der von Lockyer beobachteten Linien. Nur die Linie von der Wellenlänge $\lambda = 4118.34$ trifft verlängert auf eine Linie im Spektrum des Nejed-Meteoreisens, allein diese Linie gehört dem Kohlenstoff an.

Eine neue Klasse von Meteoriten. Seit Ende des vorigen Jahrhunderts sind aus dem südlichen Böhmen, besonders aus der Umgebung von Budweis und dem obern Moldaugebiete glasartige, durchscheinende Massen, von im auffallenden Lichte glänzend schwarzer, im durchgehenden grünlicher Farbe, bekannt, die den Namen Moldavite oder Bouteillensteine erhalten haben. Sie kommen auch in der Gegend zwischen Trebitsch und Mährisch-Kromau vor und ebenso bei Iglau in Mähren. Der Ursprung dieser Schlackenmassen ist stets streitig gewesen, die meisten Ansichten vereinigten sich zuletzt dahin, dass es zufällige Nebenprodukte alter Glashütten seien, denn dass es sich dabei nicht um vulkanische Produkte handeln kann, ist nach dem ganzen Vorkommen derselben ausser Zweifel. Prof. J. Makowsky in Brünn hat die Idee, dass es sich um alte Glasschlacken handle, am nachdrücklichsten verfochten; dagegen haben indessen Prof. A. Habermann und A. Wenzliczke die ausserordentlich schwere Schmelzbarkeit der Moldavite gegenüber allen künstlichen Gläsern hervorgehoben, und ebenso unterscheidet sie von diesen ihr höherer Gehalt an Aluminium und ihr geringer Calciumgehalt.

Im Sommer 1898 wurde bei der geologischen Aufnahme der Gegend zwischen Trebitsch nnd Mährisch-Kromau die Aufmerksamkeit von Dr. Franz E. Suess auf diese rätselhaften Glasmassen gelenkt. Derselbe hat deren Vorkommen und Beschaffenheit eingehend untersucht und auf Grund dieser Untersuchungen in der Sitzung der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien am 17. November vorigen Jahres seine Ansicht dahin ausgesprochen, dass es sich bei diesen Glasmassen um Körper handelt, die aus dem Weltraume auf die Erde gekommen sind. Folgendes ist der wichtigste Inhalt der Abhandlung von Dr. Suess.[1])

---

[1]) Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt 1898. No. 16. p. 387 u. ff.

Die Stücke liegen in der Umgebung von Trebitsch in der Nähe der Ortschaften Slawitz, Mohelno, Daleschitz, Skrey und Dukowan, im Feldboden der plateauartigen hügeligen Hochfläche verstreut. Sie finden sich stets vergesellschaftet mit einem Quarzschotter von diluvialem oder spättertiärem Alter, wenn sich auch nicht mit Sicherheit behaupten lässt, dass sie diesem Schotter selbst angehören. In den wohl aufgeschlossenen Schottergruben habe ich sie vergeblich gesucht, was sich übrigens sehr gut durch die relative Seltenheit der Stücke erklären lässt; nur die Landleute, welche tagaus tagein auf den Äckern beschäftigt sind, haben Aussicht, eine grössere Menge davon zu sammeln. Ein absichtliches Suchen, wenn auch durch mehrere Stunden fortgesetzt, wird meistens erfolglos bleiben. Die Mehrzahl der Stückchen hat die Grösse einer Walnuss oder Haselnuss, und nur ausnahmsweise gehen sie in der Grösse über die eines Hühnereies hinaus. Keinesfalls können sie als diluviale Geschiebe oder Geröllе aufgefasst werden; denn die eigentümliche, runzelige Oberfläche, über die weiter unten eingehend die Rede sein wird, zeigt nur in seltenen Fällen Spuren von Abrollung oder Abschleifung. In den 50—100 *m* unter den Schottern liegenden Thalböden der Iglawa und Oslawa werden sie nicht gefunden.

Ein ganz ähnliches Vorkommen ist das in Südböhmen, auch von dort kennt man keine grössern Stücke. Man findet sie daselbst ebenfalls im Feldboden mit Geröllen und Quarz, Hornstein u. a. verstreut; Woldrich fand einige Stücke bei Radomilic in einer Geröllschicht im Hangenden eines gelben Sandes der obern Braunkohlenformation und unter einer 50 *cm* mächtigen Decke von unten lehmiger, oben humöser Ackererde. Nach Hanamann finden sich Moldavite auch in den nordböhmischen, altdiluvialen Pyropensanden.

Die Herkunft dieser Gläser musste lange rätselhaft erscheinen, zumal man nicht nur das Glas niemals anstehend gefunden hat, sondern auch weit und breit keine jüngern vulkanischen Bildungen vorhanden sind, und selbst die entfernten Basalt- und Phonolitberge Nordböhmens gewiss nicht im stande waren, so saure Gläser zu liefern; abgesehen davon, dass die Moldavite, wie die Oberflächenbeschaffenheit der meisten Stücke schliessen lässt, nicht auf so grosse Entfernung durch Wasser transportiert worden sein konnten.

Helmhacker vermeinte zwar, im zersetzten Serpentin südlich von Krems bei Budweis den Moldavit eingeschlossen gefunden und somit sein Muttergestein entdeckt zu haben. Diese Angabe hat sich aber nach Schrauf, der bald nach Helmhacker's Besuch die Zersetzungsprodukte der Serpentine an eben demselben Orte studiert hatte, nicht bestätigt. Auch v. Cammerlander erwähnt bei der genauen Beschreibung der Serpentine von Krems gar nichts von einem eingeschlossenen Moldavit. Ausserdem passt auch die Beschreibung, welche Helmhacker von dem Minerale gegeben hat, durchaus nicht auf den Moldavit. Er schildert es als eckig zerbrochen und erwähnt, dass es unter dem Lötrohre mit Aufblähen zu einer blasigen Schlacke schmilzt; während sich nach der übereinstimmenden Angabe zahlreicher Forscher die Moldavite gerade dadurch am besten von den meisten natürlichen Obsidianen unterscheiden, dass sie vollkommen wasserfrei sind und beim Schmelzen ein klares Glas geben. Das Vorkommen des Moldavites im Serpentin wäre überdies noch ein bedeutendes petrographisches Rätsel. Eine ältere Angabe von Glocker, nach welcher ein Moldavit (Pseudochrysolith) bei Jaschkenau unweit Jordansmühle in Niederschlesien in einem Gneisgeschiebe eingeschlossen gefunden worden sein soll, hat ebenfalls keine weitere Bestätigung gefunden und muss als ebenso fraglich bezeichnet werden, wie die Angabe von Helmhacker.

Unter dem Mikroskope unterscheiden sich die Moldavite von den Obsidianen durch das Fehlen der zahlreichen grössern, haar- und nadelförmigen Mikrolithe, welche für die meisten natürlichen Gläser so charakteristisch sind.

Am sichersten wird die Theorie von dem künstlichen Ursprunge der Moldavite widerlegt durch die aussereuropäischen Funde ganz gleichartiger Glaskörper. Sie sind über ein sehr ausgedehntes Gebiet verteilt, welches sich über ganz Australien und über einen Teil von Niederländisch-Indien erstreckt. Besonders in Australien scheinen sie eine räumlich grosse Verbreitung zu besitzen, obwohl sie erst von wenigen Punkten beschrieben worden sind. Zuerst hat Ch. Darwin (Vulcanic Islands) im Jahre 1844 eine eigentümliche »Obsidianbombe« von flaschengrüner Farbe aus der Gegend zwischen den Flüssen Murray und Darling beschrieben und abgebildet und dazu bemerkt, dass sie sich einige hundert Meilen entfernt von irgend einer vulkanischen Region befinden. Aus Gold- und Zinnminen von Turon-River und vom Rocky-River in Neu-Südwales beschrieb sie W. B. Clarke 1855; sie finden sich dort zusammen mit Geröllen verschiedener Schiefergesteine, Granit, Quarz u. a. einige 30 Fuss unter der Oberfläche. Da man keine andern Eruptivgesteine in der Nähe kennt, hat man sie mit den unweit davon anstehenden Basaltvorkommnissen in Zusammenhang gebracht, »obwohl es sehr unwahrscheinlich wäre, dass die Basalteruptionen so saure Gläser geliefert hätten.« Eine Reihe »eigentümlicher Obsidianbomben« aus Australien hat A. Stelzner im Jahre 1893 beschrieben; sie waren ihm von V. Streich übersendet worden und stammten von drei verschiedenen Fundorten: vom Kangaroo-Island SW von Adelaide, aus dem Gebiete der Macdonnel-Range in Centralaustralien, und eine Bombe aus der grossen Victoria-Wüste in Westaustralien, zwischen Everard-Range und Fraser-Range. In neuerer Zeit (1895) erwähnt in einem Sammlungsberichte J. C. Moulden zwei Stücke von Obsidianbomben von Stuarts-Creek, Lake Eyre. Ihre Herkunft wird als gänzlich unbekannt angegeben, und nach der Beschreibung stimmen ihre physikalischen Eigenschaften nahe überein mit denen der Moldavite.

Auch aus Niederländisch-Indien sind ganz ähnliche »Obsidiankugeln« seit längerer Zeit bekannt, und insbesondere diejenigen von der Zinninsel Billiton bei Java wurden mehrmals beschrieben, und zwar im Jahre 1879 von v. Dyk, 1880 von de Groot u. a., und 1897 veröffentlichte v. Verbeek eine sehr eingehende Studie über diese »Glaskogels«. Sie werden in den Zinnwäschen der Insel Billiton an 14 Fundpunkten gefunden, und zwar im sogenannten Koelitterrain; es ist das die zinnführende Verwitterungskruste der Gesteine (hauptsächlich Granit). Stellenweise ist diese Kruste überdeckt von Sanden und Schottern diluvialen oder spättertiären Alters, welche ebenfalls Zinnerz führen und ebenfalls abgebaut werden; auch in dem Koelitterrain unter diesen Sanden kommen die »Glaskogels« vor.

Von weitern Fundorten befinden sich nach Verbeek einzelne Stücke in den Museen von Amsterdam und Leiden, und zwar zwei Stücke vom Vulkane Moeriah auf Java (eines davon wird als lichtgelb und erfüllt mit Glasblasen bezeichnet; dieses Stück mag aber, wie mir scheint, möglicherweise ein Kunstprodukt sein); es wird als sehr unwahrscheinlich hervorgehoben, dass der Leucitvulkan Moeriah so saure Glasbomben gegeben hätte. Im Museum von Leiden befinden sich nach Verbeek zwei weitere Bomben aus den Goldwäschen und Diamantgruben des Distriktes Tanah Lau im südöstlichen Borneo; die Fundplätze sind ca. 500 *km* von den nächstgelegenen Javavulkanen entfernt. Ganz ähnliche »Obsidianbomben« beschrieb Wichmann mit einer Sammlung von Gesteinen aus dem südlichen Teile der Insel Timor; es wird angenommen, dass auch diese aus einem diluvialen Konglomerate stammen.

Vor wenigen Tagen (Anfang Dezember) ist mir noch ein Aufsatz über die Glaskugeln von Billiton zugekommen von Herrn Dr. P. Krause; hier wird als weiterer Fundpunkt die Insel Bunguran im Natuna-Archipel angegeben; der nächstgelegene erloschene Vulkan auf Borneo (Melabu) ist über 300 *km* von dieser Insel entfernt.

Aus dem niederländisch-indischen Gebiete dürfte auch eine Obsidianbombe »aus Indien« stammen, über welche Dufrénoy im Jahre 1844 in

der Akademie berichtet hat. Damour hatte versucht, die Bombe zu zerschneiden, um ihre innere Beschaffenheit zu untersuchen; als der Schnitt bis in die Hälfte geführt worden war, zerplatzte die Bombe mit einer schussähnlichen Detonation; wahrscheinlich infolge ungleichmässiger Spannungsverhältnisse. Der nähere Fundort war unbekannt; die Beschreibung und die chemische Analyse stimmen aber sehr gut auf die Billitonkugeln.

Der Erste, der die australischen Vorkommnisse mit den Moldaviten von Böhmen verglichen hat, war Stelzner; er betonte die ausserordentliche Ähnlichkeit der Oberflächenskulptur mancher Moldavite mit denen der australischen Bomben. Doch sollten sie, nach seiner Ansicht, verschiedene Ursache haben; bei den australischen Bomben werden sie einer atmosphärischen Korrosion, hervorgerufen durch den Flug des vulkanischen Auswürflings durch die Luft, zugeschrieben; bei den Moldaviten aber, die zum grossen Teile nur Bruchstücke grösserer Glasmassen sind, sollen sie durch den mechanischen Transport durch Wasser entstanden sein. Später hat Verbeek die Glaskugeln von Billiton mit den Moldaviten verglichen und die Deutung der Skulptur nach Stelzner von diesen auch auf jene ausgedehnt.

Wenn diese Anschauung richtig wäre, so müsste man auch bei irgendwelchen andern Geröllen ähnliche Gruben und Eindrücke entdecken können, wie an den Moldaviten; darnach wird man sich aber vergebens bemühen. Nur die Lösungsgruben an manchen Kalkgeröllen mögen eine ganz entfernte Ähnlichkeit mit manchen Gruben auf den Moldaviten zeigen; aber wie aus der weitern Beschreibung hervorgehen wird, lassen sich die extremern Erscheinungen, die engen Rinnen und vor allem die so häufigen, sternförmig angeordneten Gruben durchaus nicht auf die angegebene Weise erklären.

Die einzige bekannte Erscheinung, mit welcher sich die Oberflächengruben der Moldavite vergleichen lassen, sind gewisse Ätzungserscheinungen, welche ebenfalls Gruben und rinnenförmige Vertiefungen und Aushöhlungen am geätzten Materiale hervorrufen. Unter freundlicher Mithilfe C. F. Eichleiter's habe ich einige diesbezügliche Versuche angestellt. Die Ätzungen mit Flusssäure liessen zunächst die feinen erhabenen Linien, welche auf eine Fluidalstruktur der Masse hinweisen, deutlich hervortreten. Dazwischen befanden sich kleine, rundliche, vertiefte Näpfchen. Eine kleine Zahl von Stücken wurde im Sefström'schen Ofen geschmolzen und dabei neuerdings die bereits von Habermann erwiesene schwere Schmelzbarkeit des Moldavites dargethan. Während ein Stück grünes Flaschenglas in derselben Zeit völlig geschmolzen war, waren die Moldavite nur zähflüssig geworden, so dass man nach der Erkaltung noch an den tiefen Rinnen die Umgrenzung der geschmolzenen Brocken erkennen konnte, welche nicht völlig ineinander übergeflossen waren. Nachdem der geschmolzene Kern von Moldavit aus dem Platintiegel gelöst worden war, wurde er durch zehn Tage der Einwirkung eines Gemenges von verdünnter Schwefelsäure und Flusssäure ausgesetzt. Es zeigte sich, dass die Bruchflächen viel weniger angegriffen waren, als die Erstarrungsoberfläche; die Fläche, ursprünglich ganz glatt, war mit kleinen Grübchen bedeckt und von längern, sich verzweigenden und durchkreuzenden Furchen durchzogen. Ohne Zweifel war der Angriff der Säure feinen Rissen gefolgt, welche bei der Erstarrung der Oberfläche entstanden waren. Die Furchen sind glatt und im Querschnitte rundlich und haben wohl eine gewisse Ähnlichkeit mit den schwächern Rinnen auf der natürlichen Oberfläche der Moldavite, nur sind letztere niemals so gleichmässig lang und zeigen eine ganz verschiedene Anordnung.

Aber auch damit kann man es hier unmöglich zu thun haben; denn zunächst kennen wir kein Agens, keine so starke Säure, welche diese Gläser hier in so hohem Grade angegriffen haben sollte; wollte man auch zugeben, dass der Dünger und die Verwesungsprozesse auf den Äckern in Böhmen und Mähren Gelegenheit zur Entwickelung stark ätzender ammoniakalischer Verbindungen geben würde, so könnte das nicht mehr gelten für die in

ganz andern Lagerungsverhältnissen vorkommenden Gläser von Billiton und aus den australischen Wüsten, welche ganz ähnliche Oberflächenskulpturen aufweisen. Die begleitenden Quarz- und Urgebirgsgerölle von denselben Fundstellen zeigen gar keine Spur irgendwelcher Ätzungserscheinungen, sondern haben die gewöhnliche glatte, gerollte Oberfläche. Wo in andern Gebieten auf Geröllen Ätzungserscheinungen vorkommen, entstehen wohl flache Gruben und Näpfe, aber durchaus keine tiefen Rinnen und Kanäle, sie sind ganz verschieden von den Skulpturen der Moldavite. Eine Durchsicht der prähistorischen Sammlung des k. k. naturwissenschaftlichen Hofmuseums zeigt, dass die neolithischen Glasperlen wohl eine oberflächliche Zersetzung in Form von Ablösung einer opalisierenden Schicht oder von Ausspringen kleiner entglaster Schälchen zeigen, nirgends sieht man aber sonstige tiefe Gruben oder Kanäle. Die paläolithischen Artefakte von Obsidian aus Ungarn oder aus Nordamerika zeigen keine Spur von Zersetzung, und die Schlagflächen sind vollkommen frisch.

In einem Aufsatze über die »neolithischen Ansiedelungen mit bemalter Keramik aus Mähren und Niederösterreich« erwähnt J. Palliardi aus einer Station nordöstlich von Oslawan in der Liste verschiedener Artefakte auch, »einige Späne und ein Nukleus von Obsidian, ein kleines Geschiebe und ein Nukleus von dem in der Umgebung auf natürlichen Lagerstätten vorkommenden Moldavit.« Oslawan ist ca. drei Wegstunden östlich von den zunächst gelegenen Moldavitäckern bei Dukowan entfernt. Auch von dem noch näher gelegenen Neudorf a. d. Oslawa werden »Späne von Obsidian« erwähnt. Solche Funde beweisen nicht nur, dass die Moldavite älter als die neolithische Periode sind, sondern sie machen es nach dem Vergleiche mit den künstlichen Gläsern auch wahrscheinlich, dass ihre Skulptur nicht durch Ätzung hervorgerufen ist, da sie wohl auch auf den neolithischen Artefakten sich auszubilden Zeit genüg gehabt hätte. Um diesem Argumente aber die vollkommene Beweiskraft zu verleihen, wäre es allerdings sehr erwünscht, wenn die angegebenen Funde bei weitern Aufsammlungen eine Bestätigung erhalten würden.

Am sichersten wird aber die Anschauung, dass man es hier mit einer Ätzung zu thun haben könnte, durch diejenigen Stücke widerlegt, auf denen die Anordnung der Gruben und Rinnen eine deutliche Orientierung in Bezug auf die Form des Stückes zeigt. Viele Stücke zeigen bei pechschwarzer Farbe im auffallenden Lichte einen lebhaften Lackglanz, der wahrscheinlich von einer sehr dünnen Schmelzrinde herrührt, welche die Oberfläche überzieht. An den geätzten Flächen wurde der Glanz nicht in dieser Weise beobachtet.

Nach Stelzner's Bericht waren die australischen Forscher schon seit langem bemüht, sich eine Erklärung für die rätselhaften Bombenfunde ihres Kontinentes zurecht zu legen; man dachte an Verschleppungen durch Eingeborene oder durch Emus oder an einen diluvialen Eistransport vom antarktischen Gebiete des Erebus und Terror. »Wieder andere,« schreibt Stelzner weiter, »sind der Meinung, dass das Rätsel nur dadurch gelöst werden könne, dass man den »Bomben«, obwohl sie eine von jener aller andern bekannten Aërolithen sehr abweichende Beschaffenheit zeigen, trotzdem einen kosmischen Ursprung zuschreibe« Dieser Meinung, welche wohl aus bedeutsamen, wenn auch bloss negativen Gründen hervorgegangen ist, und deren ursprünglicher Autor nicht genannt wird,[1]) beizupflichten, hat sich Stelzner nicht entschliessen können, obwohl er die eigentümliche Skulptur der Bomben als Wirkung der Atmosphäre während des Fluges erkannt hat. Van Verbeek trat dagegen, trotzdem er die Skulptur der Billitonkugeln bloss für die Wirkung eines Gerölltransportes hielt, ebenfalls bloss auf die negativen Gründe gestützt, entschieden für den ausserirdischen

[1]) Vielleicht V. Streich, mit welchem Reisenden Stelzner damals über diesen Gegenstand korrespondiert hat.

Ursprung dieser Körper ein, und zwar hielt er sie für vulkanische Auswürflinge des Mondes.

Gelegentlich meiner geologischen Aufnahmen in der Nähe der mährischen Moldavitfundgebiete sind mir zumeist in verschiedenen Privatsammlungen Hunderte von Stücken zu Gesicht gekommen, und allmählich bin ich zu der Überzeugung gelangt, dass sich die Skulpturen auf keine andere Weise erklären lassen, als durch intensive Korrosion der Oberflächen während eines ausserordentlich raschen Fluges durch die Luft, ähnlich wie die Piëzoglypten der Meteoriten. Nachdem ich diese Ansicht in der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften vorgetragen habe, gereicht es mir zur besondern Genugthuung, dass dieselbe noch eine wesentliche Unterstützung gefunden hat durch eine Anfang Dezember hier eingetroffene Studie. Dr. P. G. Krause's über die »Obsidianbomben aus Niederländisch-Indien«, in welcher der Verfasser zu ebenderselben Deutung für die manchen Moldavitoberflächen ganz ähnlichen Skulpturen der genannten Körper ganz selbständig gelangt ist.

Die Erscheinungen an den australisch-indischen Stücken gehören ohne Zweifel in dieselbe Kategorie, wie die an den böhmisch-mährischen, wenn auch die letztern, so viel mir bis jetzt bekannt ist, meistens viel extremer entwickelt sind und eine viel grössere Mannigfaltigkeit der Typen aufweisen.

Im allgemeinen lassen sich die Formen der Moldavite nicht unmittelbar vergleichen mit denen der Meteorite, trotzdem manche von ihnen in ihrem äussern Habitus den Meteoriten sehr ähnlich sind; solche Stücke waren es auch, welche zur Prüfung auch der andern Stücke auf ihre kosmische Natur Veranlassung gegeben haben. Es muss zugegeben werden, dass die Erklärung der extremern Formen auf rein theoretisches Gebiet führt; das ist aber nicht anders zu erwarten; denn die Wirkungen, welche die höchst komprimierte und erhitzte Luft auf die mit einer Geschwindigkeit von vielleicht 60 *km* oder mehr bewegten Glasmassen hervorbringt, können wir nur durch Schlüsse sehr unsicher vermuten und dann prüfen, ob die Oberflächengebilde der Moldavite sich besser mit den so erschlossenen oder mit sonstigen irgendwelchen irdischen Einwirkungen vergleichen lassen.

Daubrée hat versucht, durch Dynamitexplosionen die Gruben und Näpfchen und Grübchenreihen der Meteorite nachzuahmen; durch enge Röhren ausströmende hochkomprimierte und erhitzte Gase erzeugten tief eingerissene Rinnen und Furchen, welche Daubrée als »Ausbrennungskanäle« bezeichnete; ähnliche Erscheinungen, durch Korrosion der komprimierten Gase hervorgerufen, beobachtete er auch an alten Kanonenrohren. In diesen Erscheinungen kann man, wie ich glaube, die Analogien der Skulptur der Moldavite erkennen; eine Anschauung, die natürlich unterstützt werden muss durch die allgemeinen geologischen und geographischen Gründe, welche bereits Verbeek u. a. dazu geführt haben, für die ähnlichen Gläser von Niederländisch-Indien und Australien einen kosmischen Ursprung anzunehmen.

Diejenigen Stücke, welche die grösste äussere Ähnlichkeit mit Meteoriten aufweisen, zeigen flachrunde und muschelförmige Eindrücke, welche die ganze Skulptur der Oberfläche ausmachen. Sie stellen dasselbe dar, was man an Meteoriten als »Fingereindrücke« bezeichnet hat; nur sind sie bedeutend kleiner. Infolge des geringern Wärmeleitungsvermögens dürften bei diesen Gläsern die Einwirkungen zahlreichere lokale Konzentrationspunkte gefunden haben, als an den altbekannten aërolithischen Steinen und Eisen; dadurch erklären sich die geringen Dimensionen der Piëzoglypten an den Moldaviten.

Solche Stücke sind ziemlich selten; häufiger ist bereits die Anhäufung von Näpfchen und Gruben und Grübchenreihen auf den Flächen mancher weniger korrodierter Stücke, auch diese Flächen besitzen grosse Ähnlichkeit mit denen mancher Meteoriten.

Sehr häufig ist jedoch die ganze Oberfläche bedeckt von zahlreichen Näpfchen, oft sitzen jüngere, kleinere Näpfchen in den grössern, oder sie schneiden gegen ältere ab. Auf den verschiedenen Seiten sind sie manchmal ganz gleichmässig und manchmal ungleichmässig verteilt. Von diesen Näpfchen lassen sich alle Übergänge nachweisen, einerseits zu tief eingebohrte Furchen und Rillen, welche wie mit einem Instrumente ausgebohrt oder herausgestemmt erscheinen, und anderseits zu weniger tiefen, langen Rinnen oder kanalartigen Einrissen. In diesen beiden Formen wird man am besten die »Ausbrennungskanäle« Daubrée's wiedererkennen. Vermutlich hat sich die Glasmasse während des Falles in einem plastischen Zustande befunden: die kurze Dauer der Erwärmung während des Sturzes wird nicht hingereicht haben, um die ganze Masse zum Schmelzen zu bringen, wie ja auch die Meteoriten nur mit einer sehr dünnen Schmelzrinde überdeckt sind. An einzelnen Konzentrationspunkten greift aber die heisse Luft besonders stark an und bewirkt daselbst lokale tiefe Ausschmelzungen, wir haben sie uns als ganz plötzliche explosionsartige Einwirkungen zu denken; die geschmolzenen Partien werden sofort von der Masse losgerissen und in der Atmosphäre verflüchtigt. Bekanntlich hat man häufig beobachtet, dass nach dem Sturze eines Meteors auf seiner Bahn noch eine Wolke zurückgeblieben ist, welche sich erst allmählich verliert; offenbar hat man es hier ebenfalls mit feinsten Teilen zu thun, welche während des Fluges von der Hauptmasse losgerissen worden sind. Eine genaue Betrachtung der »Ausbrennungskanäle« zeigt sofort, dass dieselben keine kontinuierlichen Bahnen darstellen, sondern aus lauter einzelnen länglichen Gruben und Grübchen, gleichsam aus zahlreichen einzelnen »Schlägen« zusammengesetzt sind, von denen jeder einen gesonderten Angriffspunkt darstellt. Die Ähnlichkeit der Ätzgruppen mit den Näpfchen und Rinnen der natürlichen Oberfläche rührt wohl nur daher, dass in beiden Erscheinungen der molekulare Aufbau der Massen in gleicher Weise enthüllt. So wie Ätzfiguren und Schlagfiguren an ein und demselben Materiale eine Verwandtschaft zeigen, so ist das auch bei diesen Ätzgruben und bei den durch die atmosphärische Korosion entstandenen Vertiefungen der Fall.

Mögen nun die grubigen Vertiefungen in kleinen lokalen Gruppen zu Angriffszentren zweiter Ordnung zusammengruppiert sein, oder mögen sie zu längern Kanälen auseinander gezogen in strahlenförmiger Anordnung sich über die ganze Oberfläche einzelner Stücke ergiessen, und mögen sie in den Dimensionen noch so sehr schwanken, immer hat man es mit derselben Erscheinung in sehr mannigfaltiger Ausbildung zu thun.

Je nach der Geschichte jedes einzelnen Stückes während des Fluges sind die Skulpturformen in verschiedener Weise ausgebildet; es zeigt sich im grossen ganzen eine damit übereinstimmende Abhängigkeit der Skulpturen von den Umrissen der einzelnen Stücke; und man kann eine Reihe von ausgesprochenen Typen unterscheiden. Es ist nicht möglich, in dieser vorläufigen Mitteilung die ganze Mannigfaltigkeit der Formen und Charaktere zu erschöpfen; es können nur einige wenige bezeichnende Typen besprochen werden.

Wie bei den übrigen Meteoriten, muss man auch hier annehmen, dass während des Sturzes zahlreiche Explosionen stattgefunden haben; ja die spröde Glasmasse, zugleich ein so schlechter Wärmeleiter, muss bei der raschen Erhitzung in noch zahlreichere und kleinere Stücke zerfallen, als das bereits von den Meteorsteinen häufig beobachtet worden ist. Die später blossgelegten Flächen werden während einer kürzern Zeitdauer der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt; an ihnen sind die Piëzoglypten in der einfachsten Form entwickelt. Stücke mit solchen Flächen und den allerjüngsten Umrissen kann man als Kernstücke bezeichnen; sie sind unregelmässig polygonal umgrenzt von wenig gekrümmten Flächen, welche meist in nahezu rechtem Winkel aneinanderstossend und nur die Fingereindrücke und schwarmweise oder reihenweise gruppierte Näpfchen zeigen. Meist kann man an solchen Stücken jüngere und ältere Flächen, d. h.

Flächen mit tiefern und grössern, und solche mit kleinern und weniger zahlreichen Gruben unterscheiden; eine Erscheinung, die auch an den Meteoriten nicht selten beobachtet wird.

Eine zweite, ungemein mannigfaltige und reiche Gruppe bilden die als Absprenglinge bezeichneten Stücke; sie sind fast stets viel stärker gegrubt als die Kernstücke. Sehr viele von diesen sind krummschalig geformt, und da gilt es als weit vorherrschende Regel, dass die konvexe Seite viel stärker angegriffen ist als die konkave. Andere Stücke sind wieder mehr ebenflächig, aber auch prismatisch oder krummprismatisch; häufig sind sie an der einen Seite mehr zugeschärft, während die andere Seite verdickt erscheint. Wo die scharfen Kanten mehr abgerundet sind, nähern sie sich nicht selten flach linsenförmigen oder dick-uhrglasförmigen und sonstigen mehr unregelmässigen Formen.

Die Näpfchen, welche die ganze Oberfläche bedecken, sind oft länglich auseinandergezogen und nähern sich dadurch den Rinnen und Kanälen; sie zeigen auch dann schon stets eine ziemlich deutliche, strahlenförmige Anordnung und führen so zu dem nächsten Typus hinüber. Die länglichen Grübchen laufen am Rande der unregelmässigen flachen Stücke, und zwar auf beiden Breitseiten stets im Winkel gegen die Kante, niemals dieser parallel, und nehmen gegen den Rand an Tiefe und Schärfe zu; die Ränder erscheinen infolgedessen wie fein ausgezackt oder gefiedert. Die Erscheinung dürfte daher rühren, dass der Luftstrom sich an den Kanten brechend, am Rande schärfer korrodiert. Wie immer sich das Stück während des Fluges drehen mag, der Luftstrom wird stets gegen die Ränder zu ausweichen müssen und an den Kanten eine stärkere Angriffsmöglichkeit, vielleicht auch ein von der Hitze mehr durchweichtes Material vorfinden. Wenn der Prozess weiter fortschreitet, verwandelt sich der unregelmässige Umriss in einen mehr rundlichen oder ovalen, und es entsteht der so verbreitete Typus der »Sterne«. Von der Mitte des Stückes strömen längliche »Ausbrennungskanäle«, sich manchmal auch verzweigend, gegen die Ränder; in der Nähe der Ränder wird die strahlenförmige Anordnung immer deutlicher, und der Rand selbst, wo die Kanäle von beiden Seiten zusammenfliessen, erscheint quer auf seiner Schmalseite völlig zerrissen; die Luftströme haben hier am stärksten angegriffen. Viele solcher »Sterne« besitzen in der Mitte eine oder mehrere Vertiefungen, aus denen die Kanäle hervorzubrechen scheinen; es sind daselbst sekundäre Angriffspunkte entstanden, an welchen die Luft nicht schnell genug auszuweichen Gelegenheit gehabt hat.

Von schaligen Absprenglingen mit mehr länglichen Umrissen lassen sich alle Übergänge nachweisen zu den tropfenförmig ausgezogenen Stücken mit gefiederten Schweifen. Auch hier stehen scharfkantige Korrosionsrisse quer auf den Kanten und geben diesen das gefiederte Aussehen; wo aber die Risse und Kanäle an dem breitern Teile der Oberfläche zu einem Sterne zusammenströmen, erscheint der Stern ebenfalls gegen die schweifartige Verlängerung in der Weise angezogen, dass sich eine Reihe paralleler Risse gegen die Spitze des Schweifes ergiesst. In der extremsten Entwickelung solcher Formen sieht man, dass die randlichen Fiederstreifen sich von den der Längsaxe des Schweifes parallel ziehenden Streifen deutlich abtrennen. Auch hier wiederholt sich auf beiden Breitseiten die Skulptur in symmetrischer Weise. In welchem Grade hier bloss oberflächliche Korrosion eine Rolle spielt, und in welchem Grade das Stück vielleicht durch Erwärmung zähflüssig und tropfenförmig ausgezogen wurde, wage ich nicht zu entscheiden. Sicher ist, dass sehr viele quer gebrochene Bruchstücke von solchen Tropfenschweifen vorliegen, welche auch auf der frischen Bruchfläche die Näpfchen zeigen, ein Umstand, der dafür spricht: dass die Stücke noch während des Fluges in der Atmosphäre zersprungen sind.

An mehrern prismatischen Absprenglingen, welche der Länge nach winkelförmig gebogen sind, in der Weise, dass auf der Innenseite der Umbiegung eine breite Rinne entsteht, kann man beobachten, dass die Aus-

brennungsfurchen in der Rinne stets in ihrer Erstreckung parallel laufen, wie wenn der Luftstrom unter allen Umständen gezwungen wäre, der Rinne zu folgen. Die konvex umgebogene Aussenseite ist dagegen meistens quer auf ihre Längserstreckung zerhackt und zerrissen. Man findet auch häufig Bruchstücke, welche auf beiden Seiten in verschiedener Richtung gefurcht sind, und die sich auf solche Formen zurückführen lassen.

Andere Formen nimmt die Skulptur an bei grössern und plumpern Körpern von flach linsenförmiger, kugeliger oder mehr weckenförmiger Gestalt. Hier hat die Furchung nicht Gelegenheit, sich in deutlicher Strahlenform über eine Breitseite zu ergiessen.

An andern massigen Körpern ist die ganze Oberfläche mehr gleichmässig angegriffen; besonders einige zapfenförmige und eiförmige Exemplare sind von Furchen auf der ganzen Oberfläche gleichsam überrieselt; sie gewähren ein Bild, welches sich entfernt vergleichen lässt mit der gleichmässigen Überrieselung, welche durch atmosphärische Korrosion an manchen Wüstensteinen zustandekommt, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Furchen bei genauerer Betrachtung nicht als fortlaufende kontinuierliche Rinnsale erscheinen, sondern aus lauter einzelnen länglichen Gruben, jede ein spezieller Angriffspunkt, zusammengesetzt sind. An einzelnen Stellen der Oberfläche strahlen nicht selten die Furchen um eine grössere Vertiefung undeutlich sternförmig auseinander; hin und wieder finden sich auch drei bis vier mehr oder weniger deutliche, derartige Sternbildungen an ein und demselben Stücke. Es haben wahrscheinlich stellenweise kleinere Vertiefungen an der Oberfläche Veranlassung zur stärkern Erhitzung einzelner Punkte gegeben, und von diesen Punkten aus, wo die erweichte Glasmasse zuerst beiseite geschoben und entfernt worden war, hat sich der heisse Luftstrom auseinanderstrahlend über die umgebende Oberfläche ergossen. Einzelne mehr kugelige oder weckenförmige Stücke sind auf der ganzen Oberfläche bedeckt wie von zahlreichen kleinen »Grübchenrosetten«; die wenig verlängerten, hanfkorngrossen Näpfchen sind in kleinen Gruppen zusammengedrängt, welche sich zu einer stärkern Vertiefung vereinigen. Solche und ähnliche Skulpturformen kombinieren sich in der mannigfaltigsten Weise auf der Oberfläche der verschiedenen massigen Exemplare.

Es ist bemerkenswert, dass die von Verbeek und G. P. Krause abgebildeten »Glaskugeln« von Billiton und Bunguran, sowie auch sechs Stücke vom erstern Fundorte, welche mir Herr Prof. K. Martin freundlichst zur Ansicht übersendet hat, stets nur gröbere Skulpturen zeigen, und dass die flachen Scherben mit den gefiederten Rändern, so wie die sternförmig ausstrahlenden Kanäle bis jetzt von dort noch nicht bekannt geworden zu sein scheinen. Es herrschen die groben »Rillen« vor, welche P. G. Krause als wie mit dem »Rundeisen ausgekehlt« beschreibt, und welche »ohne erkennbare Regelmässigkeit« bald dichter geschart, bald vereinzelt über die Oberfläche verlaufen. Auch Stücke von diesem Typus, mit diesen »Rillen«, sind unter den Moldaviten nicht selten, und zwar erscheinen die Rillen meistens in sehr grosser Zahl; oft führt die Anhäufung derselben zu einer weitgehenden Zerstörung und bis zu den Formen, welche P. G. Krause als rhizopodenartig aufgelöst« bezeichnet hat. Dagegen ist eine Skulpturform, welche auf den Kugeln von Billiton und Bunguran sehr verbreitet ist, an den Moldaviten nur sehr selten und unsicher zu beobachten. Es sind das die sogenannten »Höfchen« (Krause) oder »Tischchen« (Verbeek). Sie gehen anscheinend aus den oft halbmondförmig gekrümmten »Rillen« hervor, wenn sich diese nahe zu einem Kreise zusammenschliessen, und wenn die beiden Enden durch eine jüngere überschneidende Rille verbunden werden.

An sehr vielen Stücken kann man eine feine Streifung beobachten, welche, völlig unabhängig von der gröbern Skulptur, gewisse Partien der Stücke sowohl in den Erhabenheiten als auch in den Vertiefungen überzieht. Eine ähnliche Streifung scheint diejenige zu sein, welche Stelzner

an einer australischen Bombe als »Bürstenstriche der Atmosphäre« bezeichnet hat. Es ist mir gelungen, auch auf einer frischen Bruchfläche von Moldavit durch Ätzen mittels Flusssäure eine gleiche, sehr feine Streifung hervorzurufen. Daraus ergiebt sich, dass man es hier mit den Anzeichen einer Fludialstruktur zu thun hat, und viele Stücke geben sich dadurch als Trümmer von einstmals grössern Massen kund. In einzelnen Fällen, in denen man die wellig gebogene und öfters auch faltenartig zurücklaufende Fluidalstreifung auf dem weniger angegriffenen Querbruche mancher flacher, fladenartiger Stücke beobachten kann, scheint sie von dem äussern Umrisse des Fladens abhängig zu sein, wie wenn sie erst infolge des teilweisen Aufschmelzens oder infolge einer zähen Verzerrung des Stückes erzeugt worden wäre. Dieser Annahme widerspricht jedoch der scharfe Querbruch, der, nach den Piëzoglypten zu schliessen, noch im Fluge entstanden sein muss; eine endgültige Entscheidung in dieser Frage wage ich jedoch im gegenwärtigen Augenblicke noch nicht zu treffen.

Einzelne Stücke enthalten makroskopisch ganz gut wahrnehmbare, ja sogar in einigen seltenen Fällen bis erbsengrosse länglich verzogene. linsenförmige Blasen. Das frühere Vorhandensein noch grösserer, wahrscheinlich im Fluge zerplatzter Blasen giebt sich durch glatte, runde Eindrücke in manchen Stücken sehr deutlich kund. Hin und wieder stehen zwei, ja sogar drei solcher aufgebrochener Blasen sehr nahe bei einander und sind nur durch eine dünne Scheidewand getrennt. In der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Stücke kann man aber mit freiem Auge keine Blasen wahrnehmen.

Die Vereinigung aller auf die Moldavite Bezug habenden Umstände, ihr Auftreten fern von irgendwelchen vulkanischen Bildungen, das Vorkommen ähnlicher Körper in diluvialen Ablagerungen ausser-europäischer Gegenden, in denen wir ihnen durchaus keinen künstlichen Ursprung zuschreiben können, ferner ihre chemische und mineralogische Beschaffenheit, in der sie sich weder mit den bisher bekannten natürlichen, noch mit den künstlichen Gläsern vollkommen decken, und vor allem ihre eigentümliche und fremdartige Oberflächenskulptur, lassen keinen andern Erklärungsversuch für ihre Herkunft zu, als dass sie aus dem Weltenraume auf die Erde herabgefallen sind. Ihre chemische Verschiedenheit von den übrigen Meteoriten kann nicht als Einwurf gegen diese Anschauung betrachtet werden; denn unsere Kenntnis kosmischer Vorgänge beruht auf einer verhältnismässig sehr kurzen Erfahrung. Wenn man in den meteorischen Eisen die Trümmer der innern Kerne von zerborstenen Himmelskörpern vermutet hat, so kann man mit Recht auch einmal erwarten, die kieselsäurereichen und thonerdehaltigen Glieder, welche der äussern Feldspathülle unserer Erde entsprechen, unter den Aërolithen anzutreffen. Sie sind in den kurz beschriebenen Gläsern gefunden, welche somit das System der Aërolithen mit der Gruppe der »Moldavite« vervollständigen.

Die Lagerungsverhältnisse der Moldavite lassen schliessen, dass eine grössere Menge dieser Gläser gegen Ende der Tertiärzeit oder zur Quartärzeit zur Erde gefallen ist. Eine weitere Frage ist, ob wir die Fälle im böhmisch-mährischen Gebiete und die in der weitaus grössern australisch-indischen Region als ein einziges Ereignis zu betrachten haben. Die annähernde geologische Gleichzeitigkeit scheint dafür zu sprechen; dagegen scheinen aber die Körper in beiden Gebieten von etwas verschiedener Beschaffenheit zu sein. Die einzige, mir bekannte, vollständige Analyse einer Billitonkugel giebt einen Kieselsäuregehalt von 71% an, während die Moldavite meist 77—79% Kieselsäure enthalten (C. v. John). Ausserdem enthalten die niederländisch-indischen Kugeln mehr Eisen; damit stimmt auch überein, dass sie sowohl nach den Beschreibungen, als auch nach den mir vorliegenden Stücken eine dunklere Farbe und ein höheres spezifisches Gewicht aufweisen. Nach vereinzelten Angaben ist es jedoch wahrscheinlich, dass auch unter den indisch-australischen Stücken hier und da heller gefärbte Varietäten vorkommen. Dass auch in der Skulptur,

sowie in den Gesamtformen bei diesen andere Typen vorherrschen als bei den Moldaviten, wurde bereits oben erwähnt, Auch die böhmischen Stücke sind im Gesamthabitus verschieden von den mährischen. Hier finden sich häufiger die mehr gerundeten und weniger angegriffenen Typen, während an der Moldau ausgezogene, tropfenförmige Typen vorwiegen; sie sind an der Oberfläche meistens in höherem Grade zerhackt. Das lässt sich auch dadurch erklären, dass die böhmischen Stücke einen längern Weg in der Luft zurückgelegt haben; dass sie in höherem Grade erhitzt, zähflüssig geworden und stärkerer Korrosion ausgesetzt gewesen sind.«

Fixsterne.

Eine Vergleichung der Zahl der Sterne zwischen 64° und 70° nördl. Deklination auf den Greenwicher astrophotographischen Platten mit derjenigen in der Bonner Durchmusterung und dem Kataloge der Astronomischen Gesellschaft hat W. H. M. Christie mitgeteilt.[1]) Diese Vergleichung ist für jede Stunde der Rektaszension durchgeführt; das Resultat enthält die folgende Tabelle:

Rekt. h	Zahl der auf den Platten gemessenen Sterne	Anzahl pro Quadratgrad	Zahl der Sterne in der Bonner Durchmusterung	Verhältnis	Zahl der Sterne in dem Katalog der Astron. Gesellschaft	Verhältnis
0	2283	64.9	596	3.8	266	8.6
1	2317	65.9	601	3.9	244	9.5
2	1921	54.7	432	4.5	199	9.7
3	1948	55.4	371	5.3	173	11.3
4	1959	55.7	415	4.7	192	10.2
5	2821	80.3	331	8.5	185	15.3
6	2561	72.9	291	8.8	181	14.2
7	1978	56.3	309	6.4	178	11.1
8	2025	57.6	338	6.1	169	12.0
9	1373	39.1	301	4.6	151	9.1
10	1623	46.2	300	5.4	164	9.9
11	1845	52.5	264	7.0	168	11.0
12	1631	46.4	261	6.3	138	11.9
13	1726	49.1	295	5.8	159	10.9
14	1763	50.2	318	5.6	186	9.5
15	2160	61.4	328	6.6	200	10.8
16	2116	60.2	345	6.1	207	10.2
17	3093	88.0	422	7.3	234	13.3
18	3242	92.2	425	7.6	211	15.5
19	3636	103.4	538	6.8	246	14.8
20	2663	75.8	478	5.6	191	14.0
21	4446	126.5	703	6.3	329	13.5
22	4217	120.0	654	6.4	275	15.4
23	2829	80.5	663	4.4	320	8.8
	58170	70.0	9971	5.83	4966	11.7

Die Bahn des Sirius ist, unter Zuziehung der neuesten Beobachtungen des Begleiters, die bis ins Frühjahr 1899 reichen, von Zwiers untersucht worden. Diese Abhandlung ist der Kgl. Ges. der Wissensch. in Amsterdam vorgelegt worden, und Hussey giebt

[1]) Observatory 1899. No. 281. p. 268.

darüber einen Bericht.[1]) Die Umlaufszeit des Begleiters stellt sich hiernach auf 48.8421 Jahre, also etwas kürzer, als man früher berechnet hatte. Die halbe grosse Achse ist 7.594″ und die Exzentrizität der Bahn 0.5875. Die Zeit des Durchganges durch das Perihel ist 1894.090. Die Berechnung zeigt die grosse Genauigkeit der nach dem Wiedersichtbarwerden des Begleiters (in der letzten Hälfte des Jahres 1896) auf der Lick-Sternwarte angestellten Messungen. Die grössten Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung stiegen im Positionswinkel für eine einzelne Messung nicht über 1.84°, in der Distanz nicht über 0.24″.

Bestimmung der Helligkeit von 96 Plejadensternen. G. Müller und P. Kempf haben,[2]) veranlasst durch den Umstand, dass die im zweiten Teile ihrer photometrischen Durchmusterung angegebenen Helligkeiten von 21 Plejadensternen sehr beträchtlich von den Lindemann'schen Plejadengrössen abweichen, eine neue Untersuchung über die Helligkeit dieser und anderer (zusammen 96) Plejadensternen angestellt. Über die Einzelheiten muss das Original nachgelesen werden. Es ergab sich, dass in den Lindemann'schen Messungen ein Irrtum mit untergelaufen ist, und die Potsdamer Grössenangaben richtig sind. Ferner fand sich aber auch, dass die auf Okularschätzungen beruhenden Angaben in der Bonner Durchmusterung für die Sterne 9.4 und 9.5 Grösse äusserst unzuverlässig sind, da unter derselben Sterne vorkommen, die zwischen den Grössen 10.2 und 11.8 liegen. Dieses Ergebnis bezieht sich natürlich zunächst auf die Grössenangaben der schwachen Plejadensterne und darf nicht ohne weiteres auf die ganze Bonner Durchmusterung ausgedehnt werden.

Über die Grössenklassen der teleskopischen Sterne der Bonner Durchmusterungen hat Prof. H. Seeliger eine wichtige Untersuchung veröffentlicht.[3]) Die Helligkeitsangaben der Sterne der Bonner Durchmusterung sind für verschiedene Regionen des Himmels nicht gleichförmig, wobei besonders wie schon Schoenfeld gefunden, die mit der Annäherung an die Milchstrasse wachsende Sterndichtigkeit eine Hauptrolle spielt. Um diese Ungleichförmigkeiten der Helligkeitsangaben der Durchmusterungen zu beseitigen, hat Prof. Seeliger die von Pickering mittels des Meridianphotometers gewonnenen Bestimmungen der photometrischen Helligkeit der Sterne unter 6. Grösse mit denjenigen der Durchmusterungen verglichen. Die gefundenen Differenzen wurden in 9 je 20° breiten Zonen geordnet gemäss deren Abstand der Sterne von der Milchstrasse und nach Deklinationen. Durch weitere rechnerische Behandlung

[1]) Publ. of the Astron. Soc. of the Pacific. **11**. No. **69**. p. **163**.
[2]) Astron. Nachr. No. 3547.
[3]) Sitzungsber. mathem.-physik. Kl. d. kgl. bayer. Akad. d. Wissenschaften 1898 **28**. 2. Heft.

des Materials werden endlich die Mittel gefunden, den Einfluss der Sterndichtigkeit auf die Grössenschätzungen zu eliminieren und die mittlere Reduktion auf die photometrische Skala zu bestimmen.

Die räumliche Verteilung der Fixsterne bildete den Gegenstand einer zweiten wichtigen Arbeit von Prof. H. Seeliger.[1]) Er bemerkt zunächst, dass die bisherigen Beobachtungen über die Zahl der Sterne in den einzelnen Grössenklassen und in bestimmten Winkelabständen von der Milchstrasse leider nicht ausreichen, um das Gesetzmässige, welches hierbei etwa auftritt, genügend genau festzustellen. Beobachtungen zu diesem Zwecke aber wären, wie er hervorhebt, durchaus nicht mühevoller und langwieriger als sehr viele andere, deren Durchführung einzelnen Personen gelungen ist. »Durch eine allerdings wegen der systematischen Abhängigkeit der Helligkeitsgrenze, bis zu welcher ein Fernrohr vorzudringen gestattet, von dem Sternreichtume nur bei grosser Umsicht zum Ziele führende Modifikation der Methode, welche die beiden Herschel bei ihren Sternaichungen angewendet haben, wäre das Ziel schon dadurch zu erreichen, dass man ein grosses Fernrohr in vielfachen Abstufungen abblendet und die Sterne in gleichförmig über den Himmel verteilten Gegenden abzählt. Viel einfacher aber und sicherer würde die Photographie, in passender Weise auf diesen Fall angewendet, zum Ziele führen. Es ist wohl kaum eine lohnendere und wichtigere Beobachtungsarbeit im Gebiete der Stellarastronomie für solche Beobachter anzugeben, die für Daueraufnahmen eingerichtet sind.«

Systematische Zählungen der Sterne liegen in der Bonner Durchmusterung des Himmels bis zur Grössenklasse 9.5 vor; die sogenannten »Aichungen« Herschel's (welche nichts anderes als Zählungen der Sterne in dem Gesichtsfelde eines grossen Reflektors sind), erstrecken sich auf sehr lichtschwache Sternchen. Zwischen beiden Sternzählungen gähnt eine Kluft, die nur durch ganz spärliche Zwischenglieder überbrückt ist. »Gerade in dieser Lücke aber,« sagt Prof. Seeliger, »liegen die Sterngrössen, von welchen die Bestimmung der Begrenzung des Sternsystems abhängig ist, und diese Begrenzung kann infolgedessen gegenwärtig nur durch Hypothesen vorgenommen werden, deren Wahrscheinlichkeit man nicht darthun kann. Aber so viel scheint mit Sicherheit hervorzugehen, dass das etwa 30—40 Millionen leuchtender Sterne enthaltende System nicht ins Unbegrenzte sich hinerstreckt, sondern eine Ausdehnung besitzt, die gar nicht so ungeheuer gross ist und vielleicht tausend Siriusweiten nirgends überschreitet. Diese den ältern Vorstellungen W. Herschel's verwandte Ansicht, kann aber nicht etwa durch die Annahme einer Absorption des Lichtes im Sinne von Olbers und W. Struve dahin modifiziert werden, dass infolge dieser Absorption

---

[1]) Abhandlgn. d. kgl. bayer. Akad. d. Wissensch. II. Kl. 19. III. Abt. München 1898.

nur ein kleiner Teil der nähern Umgebung der ganzen Fixsternwelt für uns sichtbar bleibt, denn diese Annahme führt zu einer Verteilung der Sterne, die selbst durch die gegenwärtig verfügbaren spärlichen Beobachtungsresultate nicht bestätigt wird.

Danach würden also die sichtbaren Fixsterne ein für sich bestehendes System bilden. Ob alle himmlischen Objekte, wie Sternhaufen und Nebelflecke, zu diesem Systeme gehören, also innerhalb desselben liegen, ist gegenwärtig zu entscheiden unmöglich. Aber sicher ist keine der in neuester Zeit gefundenen Thatsachen geeignet, die Meinung zu erschüttern, dass thatsächlich unsere Beobachtungen über dieses System nicht hinausreichen; dagegen dürften manche Wahrnehmungen an Nebelflecken, wie die Grösse ihrer Eigenbewegungen, ihr offenbarer Zusammenhang mit den Fixsternen, die in ihnen stehen, und vieles andere nur vereinbar sein mit der ausgesprochenen Ansicht. Wie wir nun die Ausdehnung unseres Fixsternsystems als überaus gross ansehen — denn das ist doch einer Entfernung von tausend Siriusweiten entsprechend — müssten wir andern in ihrer kosmischen Stellung dem unserigen koordinierten Systemen eine überaus grosse Entfernung höherer Ordnung zuerkennen. Dass hier Absorptionen des Sternenlichtes, ob im Olbersschen Sinne oder in anderer Art zu Tage treten müssen, ist eine zum mindesten zulässige, wenn nicht notwendige Annahme. Jedenfalls würde sich auf diese Weise das ganze Weltbild in so einfacher Weise gestalten, dass wir schon aus diesem Grunde es so lange als zutreffend ansehen müssen, bis ganz bestimmte Erfahrungen dagegen sprechen. Dass dergleichen Erfahrungen nicht vorliegen, dass also auch nicht die starken Eigenbewegungen einzelner Sterne hierzu gerechnet werden müssen, möge an dieser Stelle nicht näher erörtert werden.«

Die Untersuchungen Prof. Seeliger's behandeln nun folgende Seiten der Frage: Im ersten Abschnitte wird die Gesetzmässigkeit, welche in der typischen scheinbaren Verteilung der Sterne auf Grund des Materials der Bonner Durchmusterungen, der Abzählungen von Celoria und der Sternaichungen der beiden Herschel zu Tage tritt, besprochen.

Der zweite Abschnitt beschäftigt sich mit den allgemeinen, zum Teil mathematischen Deduktionen, zu denen die vorliegende Aufgabe Veranlassung giebt, und enthält die allgemeinern Resultate, zu denen diese führen.

Im dritten Abschnitte schliesslich werden einige Bemerkungen über die Konstitution der Milchstrasse gemacht.

Was zunächst die scheinbare Verteilung der Sterne, welche in den Bonner Durchmusterungen enthalten sind, anbetrifft, so findet Prof. Seeliger, dass die Annahme durchschnittlich gleicher räumlicher Verteilung und Leuchtkraft derselben, die so oft gemacht wird, unhaltbar ist. »Es dürfte,« sagt er, »keinem Zweifel unterliegen, dass die Anzahl der Sterne zwischen 6. und 9. Grösse beträchtlich

langsamer mit der Sterngrösse zunimmt, als die ihr zu Grunde liegenden Annahmen erfordern. Die scheinbare Verteilung der Fixsterne ist sehr ungleichmässig. Sieht man von lokalen Verschiedenheiten ab, und betrachtet man die Verteilung der Sterne nur in den allgemeinen Zügen, dann gruppiert sich alles um die Milchstrasse. In erster Annäherung kann man annehmen, dass sich die Milchstrasse um einen grössten Kreis gruppiert, dessen Nordpol in $12^h\ 49^m$ und $+27^0\ 30'$ liegt, und dass die Sternfülle hauptsächlich nur von der galaktischen Breite (der scheinbaren Entfernung von der Milchstrasse) abhängt. Die zwei durch die Milchstrasse getrennten Teile des Himmels verhalten sich nun zwar keineswegs gleich, aber auch hier wird man in erster Näherung von dieser Thatsache absehen dürfen. Die Anzahl der Sterne von etwa 6. Grösse an aufwärts wächst mit der Annäherung an die Milchstrasse fortwährend, und dieses Wachstum beginnt bereits ganz in der Nähe der Pole der Milchstrasse. Daraus folgt, dass die Milchstrasse kein lokales Phänomen sein kann, sondern mit der ganzen Konstitution unseres Sternsystems zusammenhängen muss. Aber auch die Zahl der hellern, mit freiem Auge sichtbaren Sterne zeigt, wie Schiaparelli eingehend untersucht hat, eine deutliche Zunahme mit der Annäherung an die Milchstrasse.«

In nicht ferner Zeit wird man in der im Werke begriffenen photographischen Aufnahme des Fixsternhimmels ein grosses und vollständiges und hoffentlich auch einwandfreies Material bis zu den Sternen von etwa der 11. Grösse besitzen, welches alle Fragen, die hier zum Teil nur angedeutet werden können, genauer zu betrachten erlauben wird, wenn erst das Verhalten der photographischen Grössen zu den photometrischen festgestellt und die nötigen Abzählungen gemacht worden sind. Gegenwärtig könnten nur vereinzelte Aufnahmen einzelner Himmelsgegenden benutzt werden und auch das nur mit Einschränkungen, weil zuverlässige Angaben über die photometrischen Helligkeiten der Sterne meistens fehlen.

Gegenwärtig steht nur ein recht dürftiges Material zur Verfügung. Für die Verteilung der schwächern Sterne kommen ausser den Sternaichungen der beiden Herschel in Betracht: die Ekliptikalkarten von C. H. F. Peters und des Pariser Observatoriums, deren Verwendung für die hier zu behandelnden Fragen indessen, wie Prof. Seeliger näher begründet, kaum ratsam ist. Ausserdem liegt nur noch eine einzige, sehr sorgfältige und darum besonders wichtige Arbeit von Celoria vor. Derselbe hat mit einem Plössl'schen Fernrohre von 10 *cm* Öffnung die Sterne zwischen den Deklinationen $+0^{\circ}$ und $+6^{\circ}$ abgezählt und die von ihm gewonnenen Zahlen, die vorderhand das einzige Zwischenglied zwischen den Bonner Durchmusterungen und den Herschel'schen Sternaichungen darstellen, werden von Prof. Seeliger ihrer hohen Wichtigkeit wegen näher betrachtet.

Auf Grund einer genauen Untersuchung derselben kommt derselbe zu dem Resultate, dass diese von Celoria gezählten Sterne sich in ihrer Verteilung in Bezug auf die Milchstrasse sehr nahe ebenso verhalten, wie die Durchmusterungssterne von der Grösse 1 bis 9.0. Das Gesagte gilt natürlich nur für Mittelzahlen, die sich auf ein grösseres Areal beziehen. Einzelne Gegenden kleinern Umfanges zeigen manchmal ein ganz anderes Verhalten, und besonders scheint dies in der Milchstrasse selbst der Fall zu sein.

Das schätzbarste Material für das Studium der scheinbaren Verteilung der Sterne bilden die von W. und J. Herschel angeführten Sternaichungen, welche, wie Prof. Seeliger betont, in der That ein ziemlich zuverlässiges Bild des Fixsternhimmels bis zu einer der 13. oder 14. photometrischen Sterngrösse entsprechenden Helligkeit abgeben. »Die Resultate der Sternaichungen von W. Herschel sind durch die Publikation Holden's[1]) leicht zugänglich, während die am Kap von J. Herschel ausgeführten Abzählungen in dem Kapwerke[2]) übersichtlich zusammengestellt sind. Holden war in der glücklichen Lage, den bekannten 683 Sternaichungen von W. Herschel 405 bisher unveröffentlichte hinzufügen zu können. W. Herschel's Aichungen sind nicht nach einem festen, von vornherein aufgestellten Plane ausgeführt, und deshalb sind die einzelnen Felder leider keineswegs gleichförmig über den Himmel verteilt; bei J. Herschel ist dies aber in hohem Grade der Fall, was seine Abzählungen besonders wertvoll macht. Von Bedeutung ist auch der Umstand, dass J. Herschel dasselbe Instrument wie sein Vater benutzte und offenbar alle von dem letztern getroffenen Vorsichtsmassregeln und Beobachtungsmethoden genau befolgte. Man kann deshalb von vornherein die Sternaichungen J. Herschel's direkt als eine Fortsetzung der ältern Arbeit ansehen.«

Zone	W. Herschel		J. Herschel		Mittel	auf 1 Quadr.-Grad
	A	Z	A	Z		
I	20	5.3	—	—	5.3	107 Sterne
II	53	7.7	11	7.0	7.6	154 »
III	116	14.0	63	13.7	13.9	281 »
IV	105	30.0	208	26.5	27.7	560 »
V	334	139.2	391	66.7	100.0	2019 »
VI	212	38 9	505	30.9	33.3	672 »
VII	132	12.5	395	13.0	12.9	261 »
VIII	62	6.3	217	8.0	7.6	154 »
IX	25	4.2	70	6.0	5.5	111 »

Bei seinen Untersuchungen denkt sich Prof. Seeliger den Himmel durch zu der Mitte der Milchstrasse gezogene Parallelkreise in neun Zonen zerlegt. Zone I reicht von 0—20° galaktischer Nordpolar-

[1]) Publications of the Washburn Observatory II.
[2]) Results of Astronomical Observations at the Cape of good Hope. London 1847. p. 373 ff.

distanz, Zone II von 20—40° u. s. f., Zone V enthält die Milchstrasse, Zone IX enthält den Südpol der Milchstrasse und reicht bis 160° Nordpolardistanz.

Die vorstehende Tabelle enthält die von Prof. Seeliger gefundenen Resultate der Zusammenstellung aller Herschel'schen Sternzählungen für diese einzelnen Zonen. In dieser Tabelle bezeichnet A die Zahl der Aichungen und Z die durchschnittliche Anzahl der im Gesichtsfelde des Fernrohres, welches 15′ 4″ im Durchmesser hatte, gezählten Sterne.

»Die Zahlen von W. und J. Herschel,« erläutert Prof. Seeliger, »zeigen im allgemeinen eine sehr befriedigende Übereinstimmung. Nur die Zone V, in welcher die Milchstrasse liegt, macht eine auffällige Ausnahme. Zum Teil liegt dies wohl darin, dass W. Herschel recht helle Partien der Milchstrasse, deren Struktur zu erforschen er sich zur Hauptaufgabe stellte, bevorzugte; auch eine Korrektur der Annahme, dass die Milchstrasse längs eines grössten Kreises verläuft, kann möglicherweise die beiden Angaben einander nähern. Dann ist aber auch durchaus nicht ausgeschlossen, dass die Milchstrasse am südlichen Himmel thatsächlich im Durchschnitte nicht so sternreich ist, wie am Nordhimmel. Wenn man aber den typischen Verlauf der Sternverteilung ins Auge fassen will, so wird man umsomehr berechtigt sein, auch für Zone V, die Mittelwerte als die den einzelnen Zonen zugehörigen Sternfüllen anzusehen. Diese Mittel enthält die vorletzte Kolumne, während die letzte die hieraus berechnete Sternanzahl auf dem Areale eines Quadratgrades angiebt. Nebenbei bemerkt, würde aus den letzten Zahlen folgen, dass in dem Herschel'schen Teleskope am ganzen Himmel rund 27 Millionen Sterne zu sehen sind.

Stellt man nun die Zahl der auf einem Quadratgrad befindlichen Sterne zusammen, wie sie nach Herschel (H), Celoria (C) und der ganzen Durchmusterung (D) gefunden worden ist, so ergiebt sich:

Zone	H	C	D	$\frac{H}{D}$	$\frac{H}{C}$	$\frac{C}{D}$
I	107	—	3.06	35 0	—	—
II	154	67.6	3.24	47.5	2.28	20.9
III	281	79.3	3.80	73.9	3.54	20.8
IV	560	115.7	5.34	104.9	4.84	21.7
V	2019	146.9	7.36	274.3	13 74	20.0
VI	672	111.4	5.94	113.1	6.03	18.8
VII	261	77.7	3 99	65.4	3.36	19.5
VIII	154	70.8	3.56	43.3	2.18	19.9
IX	111	—	3.51	31.6	—	—

Diese Zahlen geben, auch wenn die grosse Unsicherheit in Betracht gezogen wird, welche mit der Ausdehnung der Gültigkeit der Zahlen C auf den ganzen Himmel verknüpft ist, doch mit fast absoluter Sicherheit zu erkennen, dass die Verteilung der Sterne,

welche wesentlich schwächer sind als die Celoriasterne, völlig andere Gesetze zeigt wie die der hellern. Während die $\frac{C}{D}$ fast konstant sind, wachsen die $\frac{H}{D}$ ganz regelmässig von den Milchstrassenpolen zu der Milchstrasse und werden hier mehr als siebenmal so gross. Die Anzahl der schwächern Sterne wächst in Regionen fern von der Milchstrasse sehr langsam und in einem überaus viel langsamerern Verhältnisse, wie dies bei den hellern Sternen der Fall ist. Aber auch in der Milchstrassenzone V dürfte das Verhältnis $\frac{H}{C}$ kleiner sein — gewiss ist es nicht grösser —, als man annehmen müsste, wenn die Herschel'schen Sterne noch dieselben Gesetze räumlicher Verteilung erfüllen würden, die von den hellsten Sternen bis zu denen von etwa $11^1/_2$ Grösse angezeigt werden.«

Eine ähnliche Untersuchung hat, wie Prof. Seeliger entgangen ist, schon vor 28 Jahren Dr. Klein ausgeführt[1]) und ist zu dem gleichen Resultate gelangt, im Gegensatze zu W. Struve, welcher behauptete, dass dasselbe Gesetz der Verdichtung gegen die Milchstrasse hin für alle Sterne gleichmässig gelte, was damals schon von Dr. Klein als irrig zurückgewiesen wurde.

Im zweiten Abschnitte seiner wichtigen Arbeit beschäftigt sich Prof. Seeliger mit Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen den Anzahlen, den scheinbaren Helligkeiten und der Dichtigkeit, mit welcher die Weltkörper den Raum ausfüllen. Wegen dieser mathematischen Ausführungen muss auf die Originalabhandlung verwiesen werden, hier können nur die hauptsächlichsten Ergebnisse, zu denen sie unter den gemachten Voraussetzungen führen, angeführt werden. Hiernach dürften die Herschel'schen Aichungen in Verbindung mit dem wenigen, was aus den Abzählungen Celoria's geschlossen werden konnte, aber mit grosser Sicherheit darauf hinweisen, dass die Grenze des Sternsystems jenseits der den Sternen 11. Grösse entsprechenden Entfernung liegt. Diese Grenze liegt um so entfernter, je geringer der Abstand von der Ebene der Milchstrasse ist, und entspricht in der Milchstrasse einer Helligkeit, die um etwa 1—2 Grössenklassen geringer ist.

Unter gewissen einfachen Annahmen kommt Prof. Seeliger zu dem Ergebnisse, dass die Zahl aller leuchtenden Sterne des Systems zwischen der Anzahl der Herschel'schen Sterne, die rund 27 Millionen beträgt, und 41—64 Millionen liegt. Die Grenzen würden an den Polen der Milchstrasse rund 500, in der Milchstrasse selbst 1100 Siriusweiten betragen. Aus allem findet Prof. Seeliger, dass die Milchstrasse kein für sich allein bestehendes Phänomen sein

[1]) Klein, Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung 2.: Der Fixsternhimmel. Braunschweig 1872. p. 311.

kann, sondern mit der ganzen Konstitution des Fixsternsystems zusammenhängen muss, weil sich ihr Einfluss in der scheinbaren Verteilung der Sterne, schon in der Nähe ihrer Pole beginnend, in immer stärkerem Masse zeigt, je mehr man sich ihr nähert.

Zum Schlusse seiner wichtigen Untersuchung betont Prof. Seeliger: »Wenn man also zunächst allgemeinere Untersuchungen über die Konstitution der Milchstrasse wegen Mangel an Material nicht ausführen kann, so wäre man doch in absehbarer Zeit in eine günstige Position versetzt, wenn recht zahlreiche und sorgfältige photographische Aufnahmen einzelner Gegenden der Milchstrasse, mit verschiedenen Expositionszeiten, die die Herschel'schen Sterne und noch schwächere erreichen, gemacht werden möchten. Ich habe oben diese Arbeiten als solche bezeichnet, die zu den lohnendsten und wichtigsten der Astrophotographie gerechnet werden müssen. Indessen kann man sich doch auch jetzt schon nicht ohne Berechtigung ein allgemeines Bild vom Wesen der Milchstrasse machen. Diese befindet sich in einer Gegend des Fixsternsystems, wo die einzelnen Weltkörper in grösserer Nähe bei einander stehen als anderswo. Hier werden nun die Anziehungskräfte zwischen den einzelnen Weltkörpern eine grössere Rolle spielen können als in andern Teilen des Systems, in welchen die Materie überaus spärlich verstreut ist. Ob infolge davon oder nur als zufällige Erscheinung die bekannte zu Haufenbildung neigende Struktur der Milchstrasse hervortritt, ist natürlich zweifelhaft, aber vorläufig wird man das eine nicht für wahrscheinlicher halten als das andere. Im ganzen aber scheint sich zwischen den hellen, weniger hellen und fast sternleeren Gegenden eine sehr angenäherte Kompensation einzustellen, denn wenn man die auf grössern Arealen enthaltenen Anzahlen der Sterne verschiedener Helligkeiten bildet, so treten nahezu überall dieselben Verhältniszahlen auf, welche im Mittel in Zone V gefunden worden sind.

Näheres über die räumliche Lage dieser Anhäufungen von Sternen, welche die Milchstrasse bilden, anzugeben, ist man gegenwärtig wohl nicht in der Lage. Es wäre eine ziemlich vage Bezeichnung für das, was zuletzt bemerkt worden ist, wollte man diese Anhäufungen als ringförmig um uns gelagert bezeichnen, da nach allem, was wir wissen, die Sonne nicht gar weit von der Mitte des Fixsternsystems entfernt sein kann, wenn auch deutliche Asymmetrien in der Sternverteilung beweisen, dass dieser Abstand von der Mitte des Systems merklich sein muss Man müsste denn, wie Easton, die Sache so verstehen, dass die Sterne, welche in der Hauptsache das Phänomen der Milchstrasse erzeugen, auf einen Raum zusammengedrängt sind, welcher in der Richtung des Visionsradius eine vergleichsweise geringe Ausdehnung besitzt, und zwar soll dieser Raum in einem der mittlern Entfernung der schwächsten Sterne der Bonner Durchmusterung entsprechenden Abstande von uns sich befinden. Die oben angeführten Zahlen sprechen nicht dafür, dass

dies eine von dem mittlern Zustande der Milchstrasse geforderte Annahme ist, wobei sie allerdings für einzelne Gegenden ganz zutreffend sein mag. Diese Anhäufungen befinden sich also nicht überall nahezu in derselben Entfernung von uns, sondern gewiss oft in geringerer, viel öfter aber wahrscheinlich in grösserer Entfernung als den schwächsten Sternen der Durchmusterung im Mittel zukommt. Im übrigen wäre auch noch zu berücksichtigen, dass diese schwächsten Sterne der Durchmusterung in verschiedenen Gegenden sehr wohl um fast eine ganze Grössenklasse auseinanderliegen können, und also ihre mittlern Entfernungen durchaus nicht nur um kleine Bruchteile derselben variieren. Ganz abgesehen aber davon, ob die scheinbare Verteilung der Sterne die Ansicht von Easton stützt oder nicht — was vorerst dahingestellt bleiben mag — ist gegen diese Ansicht a priori wohl nichts einzuwenden, denn sie enthält wohl kaum etwas, was der Erklärung der Anhäufungen in der Milchstrasse neue Schwierigkeiten bereiten würde, und bringt nur eine offenbar mit der ganzen Konstitution des Fixsternsystems zusammenhängende, allerdings merkwürdige Eigentümlichkeit der Dichtigkeitsverteilung zum Ausdrucke. Anderseits kann man zunächst aber auch keine Gründe allgemeiner Art namhaft machen, welche diese »ringförmige« Anordnung der Haufen in der Milchstrasse von vornherein wahrscheinlicher machen als andere Anordnungen. Es muss dies besonders hervorgehoben werden, weil von anderer Seite die Meinung ausgesprochen wurde, das so häufige Vorkommen heller, also sternreicher Anhäufungen in unmittelbarer Nachbarschaft sternarmer, sogar leerer Gegenden weise mit grosser Wahrscheinlichkeit darauf hin, dass diese Sternanhäufungen in der Richtung des Visionsradius eine verhältnismässig geringe Ausdehnung haben müssen, weil man sonst röhrenförmige Durchsichten anzunehmen hätte, die alle in der unwahrscheinlichsten Weise zur Sonne gerichtet wären. Diese Begründung stützt sich aber auf ein Versehen, denn es ist leicht einzusehen, dass bei gegebener Anzahl von Sternen die Wahrscheinlichkeit für jede vorgegebene scheinbare Anordnung, also auch für das Vorhandensein von bestimmten Durchsichten, ganz unabhängig von der Dimension des Raumes in der Richtung des Visionsradius ist.«

Dr. H. Kobold hat nach dem Verfahren Prof. Seeliger's die Verteilung der 4934 Sterne 1.—6. Grösse, die am ganzen Himmel vorkommen, untersucht.[1]) Um an die Einteilung Seeliger's anzuschliessen, wurden jedoch nur die Sterne bis zur photometrischen Grösse 5.7 abgezählt. Es ergab sich in Übereinstimmung mit dem von Prof. Seeliger gefundenen Gesetze, dass die Anzahl der mit freiem Auge sichtbaren Sterne beträchtlich langsamer mit der Sterngrösse zunimmt, als es bei gleichförmiger Verteilung und gleicher mittlerer Leuchtkraft der Fall sein würde.

[1]) Vierteljahrsschr. d. astron. Gesellschaft. 34. Jahrg. 3. Heft. p. 212.

Das zweite Gesetz Seeliger's: Die Zahl der Sterne nimmt mit der Sterngrösse um so stärker zu, je näher die betrachtete Himmelsgegend der Milchstrasse ist, findet Kobold dagegen nicht bestätigt.

Der Veränderliche Mira im Walfisch ist vom August 1898 bis März 1899 vom Prof. A. A. Nijland in Utrecht in Bezug auf seinen Lichtwechsel beobachtet worden.[1]) Die Beobachtungen geschahen mit einem Opernglase oder einem kleinen Sucher und bestanden in Schätzungen der Helligkeit gegen benachbarte Sterne. Der Veränderliche erreicht hiernach seine grösste Helligkeit am 4. Oktober, wobei er β im Widder übertraf, aber weniger hell war als α im Walfisch. Im Jahre 1897 traf das Maximum der Helligkeit am 26. November ein, so dass also die letzte Dauer der Periode 312 Tage beträgt.

Der veränderliche Stern vom Algoltypus BD + 12.3557°. Der Ort dieses Sternes ist (für 1855) Rektasz. $18^h\ 23^m\ 55.6^s$, Dekl. $+12^\circ\ 31.0'$. Die Veränderlichkeit schwankt zwischen 7.0 und 7.5 Grösse und wurde zuerst von Sawyer erkannt.[2]) Derselbe gab als Dauer der Lichtperiode 0.89 Tag an. Seitdem ist der Stern von M. I. Luizet auf der Sternwarte zu Lyon an einem Augenglase mit fünffacher Vergrösserung beobachtet worden. Er findet die Helligkeit unverändert, während $17^h\ 28^m$, dann nimmt sie $1^h\ 58^m$ lang ab und $1^h\ 55^m$ hindurch zu, so dass die Dauer der Lichtschwankung $3^h\ 53^m$ beträgt. Die Periodendauer beträgt 0.8893 Tag $= 21^h\ 20^m\ 36^s$.

Ein neuer Veränderlicher im Schwan ist von Prof. F. Deichmüller angezeigt worden.[3]) Es ist der Stern der Bonner Durchmusterung BD + 43° 3268, 9. Grösse, und sein Ort am Himmel (1855.0): $\alpha\ 19^h\ 26^m\ 37.0^s$, $\delta + 43^\circ\ 19.5'$. Näheres über den Lichtwechsel ist noch nicht bekannt.

Über neuere Veränderliche macht Dr. E. Hartwig Mitteilungen.[4]) Der Ort von RZ Cygni für 1900 ist:

$$\alpha : 20^h\ 48^m\ 32^s,\ \delta + 46^\circ\ 58'\ 43''.$$

Die Periode lässt sich noch nicht bestimmt angeben, die Maxima können durch eine Periode von 280^d dargestellt werden. Vielleicht ist der Stern irregulär.

RS Virginis, $\alpha\ 14^h\ 22^m\ 16^s$, $\delta + 5^\circ\ 7'\ 38''$ (bis 1900), von Mrs. Fleming auf photographischen Platten entdeckt, scheint eine Periode von 354^d zu besitzen, doch mit grössern Schwankungen, wie solche auch die Maximalhelligkeiten (7.0 bis 8.3 Grösse) zeigen.

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3576.
[2]) Astron. Nachr. No. 3527.
[3]) Astron. Nachr. No. 3544.
[4]) Astron. Nachr. No. 3553.

Die Lichtzunahme ist sehr rasch, der Lichtwechsel umfasst etwa fünf Grössenklassen.

RR Scorpii, α 16^h 50^m 16^s, δ — 30° 25′ 15″ (für 1900). Die Veränderlichkeit ist von Thome und Mrs. Fleming unabhängig entdeckt, von L Duncker auf der Arequipa-Station wegen heller Spektrallinien vermutet worden. Der Lichtwechsel umfasst fünf Grössenklassen.

W Monocerotis, α 6^h 47^m 30^s, δ — 7° 1′ 36″, ein sehr roter Stern des IV. Spektraltypus und von Espin als veränderlich gemutmasst. Die Periode ist nahe 262.5^d.

T Camelopardalis, α 4^h 30^m 21^s, δ + 65° 56′ 44″ (für 1900), ebenfalls sehr rot und von Espin aufgefunden. Die Periode ist etwas kürzer als ein Jahr.

T Draconis, α 17^h 54^m 52^s, δ + 58° 13′ 39″, ebenfalls sehr rot. Merkwürdig ist der überaus rasche Anstieg zur Maximalhelligkeit, während die Lichtabnahme Verzögerungen aufweist, deren Dauer in scheinbar periodischem Wechsel einen bis vier Monate beträgt. Die Periode schwankt zwischen 420^d und 453^d.

W Cancri, von Mr. Fleming entdeckt, α 9^h 4^m 3^s, δ + 25° 39′ 22″. Die Periode beträgt im Mittel etwa 380^d. Im Maximum am 19. Februar 1897 wurde der Stern fast dem blossen Auge sichtbar, während er in demjenigen von 1898 fast drei Grössenklassen schwächer blieb.

RU Herculis, von Dr. Th. Anderson entdeckt, α 16^h 6^m 3^s, δ + 25° 19′ 55″. Die Periode mag 492^d betragen, die Helligkeitsschwankungen umfassen fünf Grössenklassen.

V Andromedae, ebenfalls von Dr. Th. Anderson entdeckt, α 1^h 9^m 47^s, δ + 40° 11′ 24″. Die Periode ist etwas kürzer als ein Jahr.

RR Aquilae, α 19^h 52^m 25^s, δ — 2° 9′ 8″ (für 1900), von Espin wegen seiner Röte und seines Spektraltypus (III) für möglicherweise veränderlich erklärt. Die Periode scheint ein Jahr zu sein.

SS Cygni, α 21^h 38^m 46^s, δ + 43° 7′ 35″ (für 1900). Der ungewöhnliche Lichtwechsel dieses Sternes hat Ähnlichkeit mit dem von U Geminorum. Der Stern leuchtet nach längerer Konstanz plötzlich auf, nimmt innerhalb eines Tages um $2^1/_2$ Grössenklassen zu und erreicht nach $3-6^d$ sein Maximum ($4-4^1/_2$ Grössenklassen heller als das Minimum), in dem er $3-7^d$ verweilt, um dann in 9^d auf die ursprüngliche Minimalhelligkeit zu sinken.

Der Veränderliche S Antliae besitzt eine Periode des Lichtwechsels von nur 7^h 46.8^m, die kürzeste von allen, mit Ausnahme einiger Veränderlichen in Sternhaufen. Der Veränderliche U Pegasi schien zwar eine noch kürzere Periode zu besitzen, indessen zeigten die genauern Messungen zu Cambridge, dass dieser Stern abwechselnd ein helleres und ein schwächeres Lichtminimum besitzt; sein wirklicher Lichtwechsel ist also ähnlich wie bei dem Veränderlichen β

in der Leyer, und die wahre Periode doppelt so gross als die zuerst angenommene.

Es schien deshalb von Interesse, den Lichtwechsel von S Antliae möglichst genau zu verfolgen, um festzustellen, ob dieser nicht vielleicht auch helle und schwache Minima zeige. Diese Untersuchungen hat Prof. Wendell ausgeführt und dadurch nachgewiesen, dass bei S Antliae keine solche Abwechselung stattfindet, er zeigt keine Lichtkurve, welche mit derjenigen von β Lyrae oder U Pegasi Ähnlichkeit hat, und die Dauer der Periode ist, wie oben angegeben, $7^h\ 46.8^m$.[1])

Der Veränderliche BD + 30.591°, dessen Lichtwechsel von G. Müller und P. Kempf entdeckt worden[2]), und von dem dieselben damals konstatierten, dass seine Helligkeit seit mehrern Jahren in regelmässigem Abnehmen begriffen sei, ist, wie die Entdecker jetzt mitteilen,[3]) seit jener Zeit unerwartet schnell fast zu seiner ursprünglichen Helligkeit zurückgekehrt. Aus den Messungen, welche die Beobachter Müller und Kempf in der Zeit vom 13. August 1888 bis 17. März 1889 angestellt haben, finden sie folgende Mittelwerte derselben:

8. September 1898	. . . .	6.79 Grösse
6. Dezember 1898	. . . .	6.53 »
24. Februar 1889	. . . .	6.37 »

Der Stern hat hiernach in 169 Tagen um 0.42 Grössenklasse zugenommen, während er beim Abnehmen für denselben Betrag nicht weniger als 1200 Tage brauchte. Gemäss den Potsdamer Beobachtungen ist es ziemlich wahrscheinlich, dass die Dauer des ganzen Lichtwechsels $7^2/_3$ Jahre beträgt, wovon 6 Jahre auf die Lichtabnahme und $1^2/_3$ Jahre auf das Anwachsen entfallen. Der Umfang der Lichtänderung beträgt nur 0.6 Grössenklasse. Wie lange die Zeit des grössten Lichtes dauert, lässt sich noch nicht angeben; wahrscheinlich ist die Helligkeit von 1886—1891 konstant gewesen. »Unter den bisher bekannten Veränderlichen«, sagen die genannten beiden Beobachter, »hat der Stern kein Analogon. Der Verlauf der Lichtkurve ist zwar ein ähnlicher wie bei δ Cephei und einigen andern Sternen desselben Typus, er unterscheidet sich aber von diesen nicht nur durch die abnorme Länge der Dauer des Lichtwechsels, sondern vor allem auch durch das lange Verweilen des Sternes in der Maximalhelligkeit. Ein endgültiges Urteil über den Charakter der Veränderlichkeit wird man erst gewinnen können, wenn eine Wiederholung des jetzt von uns beobachteten Lichtwechsels erfolgt sein wird. Leider muss man darauf gefasst sein, dass dieses Ereignis sehr lange wird auf sich warten lassen.«

---

[1]) Harv. Coll. Obs., Circular No. 41.
[2]) Astron. Nachr. No. 3491.
[3]) a. a. O. No. 3577.

Die Veränderlichen U Vulpeculae und ST Cygni, welche auf dem Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam entdeckt worden sind, wurden von Prof. O. C. Wendell auf der Harvard-Sternwarte photometrisch beobachtet.[1] Die in Potsdam gefundene Lichtkurve wurde durch die neuen Beobachtungen bestätigt. Der erstgenannte Stern erreicht im Maximum 6.9 Grösse und sinkt im Minimum etwas unter 7.6 Grösse herab. Die Periode des Lichtwechsels ist 7.98 Tage. Der Veränderliche ST Cygni erreicht im Maximum 6.65 Grösse und sinkt im Minimum auf 7.38 Grösse; sein Lichtwechsel geht sehr regelmässig von statten, die Abnahme ist langsamer als die Lichtzunahme, und tritt das kleinste Licht etwa drei Tage nach dem Maximum ein, während die Dauer der ganzen Lichtperiode etwa 3.8 Tage beträgt.

Beobachtungen teleskopischer Veränderlicher sind aus dem Nachlasse von George Knott veröffentlicht worden.[2] Die Beobachtungen geschahen in den Jahren 1860—1894 und wurden mit einem $7^1/_8$ zolligen Refraktor angestellt. Sie bestehen in Vergleichungen der Helligkeit des Veränderlichen mit benachbarten Sternen. Besonders häufig ist der merkwürdige Veränderliche U Geminorum beobachtet worden, über den Knott mit Baxendell, welcher den Stern nahezu gleichzeitig beobachtete, viel korrespondierte.

Ein neuer Veränderlicher des Algoltypus ist von Frau L. Ceraski in Moskau entdeckt worden.[3] Der Ort des Sternes am Himmel ist (1855): Rekt. $20^h\ 2^m\ 24.5^s$, Dekl. $+ 45^0\ 52.9'$. Der Stern ist 8.6 Grösse, die Periodendauer beträgt nahe $4^d\ 13^h\ 44^m$, die Zeitdauer der Veränderlichkeit 13^h, und der Stern wird im Minimum 2.5—3 Grössenklassen schwächer als seine normale Helligkeit.

Der neue Stern im Schützen.[4] Dieser Stern ist anfangs 1898 oder möglicherweise auch gegen Ende 1897 aufgetaucht. Er wurde von Madame Fleming bei der Untersuchung der in Arequipa aufgenommenen Photographien an seinem eigentümlichen Spektrum erkannt. Der genäherte Ort des Sternes (für 1900) ist in Rekt. $18^h\ 56.2^m$, Dekl. — $13^0\ 18'$. Er war zu schwach, um auf 87 Platten sichtbar zu sein, die vom 5. September 1888 bis 23. Oktober 1897 aufgenommen worden sind. Auf den letzten dieser Platten, die zu Arequipa mit dem Bruce-Teleskop erhalten wurden, erscheinen Sterne 15. Grösse, allein die Nova fehlt. Sie ist erst vorhanden auf acht Photographien aus dem März und April 1898. In der folgenden

---

[1]) Harv. Coll. Obs. Circular No. 41.
[2]) Observations of 23 Variable Stars by the late G. Knott edited by H. H. Turner. London 1899.
[3]) Astron. Nachr. No. 280. p. 236.
[4]) Harv. Coll. Obs. Circular No. 42.

Beschreibung wird zuerst die laufende Nummer der Platten, dann das Datum und die Zeitdauer der Exposition angegeben. Der Buchstabe B besagt, dass die Photographie mit dem 8-zölligen Bache-Teleskop zu Arequipa, J, dass sie mit dem 8-zölligen Draper-Teleskop zu Cambridge aufgenommen wurde. Die Helligkeitsgrössen sind nur beiläufig und durch Vergleich mit benachbarten Sternen gewonnen.

J 20428	1898	März 8.	Exposition:	13^m,	4.7	Grösse
J 20500	1898	» 14.	»	13^m,	5.0	»
J 20612	1898	April 3.	»	16^m,	8.2	»
B 21251	1898	» 19.	»	60^m,	8.2	»

Eine ausgezeichnete Photographie des Spektrums von 3 *mm* Länge zeigt die Wasserstofflinien $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$, $H\varepsilon$, $H\zeta$, $H\eta$ und vielleicht $H\vartheta$ hell. Ein breites Band von der Wellenlänge 4613 ist ebenfalls hell, und schmale helle Linien zeigen sich mit den Wellenlängen 4029, 4179, 4238, 4276, 4459, 4536. Diese Linien scheinen identisch zu sein mit den Linien im Spektrum des neuen Sternes, der vor einigen Jahren im Fuhrmann auftauchte. Eine gut markierte dunkle Linie erscheint bei 4060 Wellenlänge. Es ist bemerkenswert, dass bei dieser Nova ebenso wie bei den neuen Sternen in Perseus, Auriga, Norma und Carina die Linie $H\varepsilon$ hell erscheint, während in den veränderlichen Sternen von langer Periode diese Linie stets dunkel ist, wahrscheinlich infolge Überdeckung durch die breite Calciumlinie H. Dies allein kann dazu dienen, zwischen einem neuen und einem veränderlichen Sterne zu unterscheiden. Dunkle Linien am Rande der hellen gegen die kleinern Wellenlängen hin, wie solche bei der Nova Aurigae, Normae und Carinae sichtbar waren, sind in dem Spektrum des neuen Sternes im Schützen nicht zu sehen. Auch die Linie K ist nicht sichtbar.

J 20738	1898	April 21.	Expositionsdauer	9^m,	Grösse	8.6
B 21258	1898	» 21.	»	62^m,	»	8.2

Das Spektrum ist ausserordentlich ähnlich dem Spektrum der Aufnahme (B 21251) zwei Tage vorher, doch zeigt es einige bestimmte Abweichungen. Die breite dunkle Linie bei der Wellenlänge $\lambda = 4060$ ist verschwunden, und eine schmale helle Linie erscheint bei 5005, zweifellos identisch mit der Hauptnebellinie 5007. Die Wasserstofflinien erscheinen etwas schmaler und intensiver als auf den frühern Photographien, was für benachbarte Sterne in beiden Aufnahmen nicht der Fall ist.

B 21290	1898	April 26.	Expositionsdauer	10^m,	Grösse	8.2
B 21319	1898	» 29.	»	10^m,	»	8.4

Die Gegend der Nova ist noch auf zwei oder drei Photographien, die am 7. und 8. Oktober 1898 zu Arequipa gewonnen wurden, enthalten, doch sind diese noch nicht in Cambridge eingetroffen. Am Tage nach Entdeckung der Nova, 9. März 1899, wurde ein feines Bild derselben durch vorüberziehende Wolken erhalten, dasselbe zeigt ihre photographische Grösse $^1/_2$ Grössenklasse schwächer als wie der Stern — 13^0 5193, 9.5 Grösse. Am Morgen des 13. März

bestimmte Prof. O. C. Wendell die Position der Nova für 1900 zu 18^h 56^m 12.2^s Rekt. und — 13° 18′ 16″ Dekl. und fand den Stern 1.52 Grösse schwächer als der Stern — 13° 5200, also 11.37 Grössen nach der photographischen Skala, sowie dass das Licht der Nova fast monochromatisch war mit einem schwachem kontinuierlichen Spektrum. Diese Nova scheint also, wie mehrere vorher sichtbar gewesenen, sich in einen Gasnebel verändert zu haben. Dieses wird auch angezeigt durch die helle Linie bei λ 5005, welche, wie oben erwähnt, in der Photographie des Spektrums vom 21. April 1898 erscheint.

Während der letzten vier Jahrhunderte sind 15 Sterne erschienen, die man gewöhnlich als neue Sterne (Novae) bezeichnet. Dieselben tauchten im allgemeinen nahe der Mittellinie der Milchstrasse auf, ihr mittlerer Abstand von derselben (ihre mittlere galaktische Breite) ist 11.2°, während bei gleichförmiger Verteilung am Himmel dieser Abstand 30° sein müsste. Die Region, deren galaktische Breite weniger als 30° beträgt, umfasst die Hälfte des Himmels. Von den neuen Sternen erschienen 14 innerhalb dieser Region und nur einer (Nova Coronae) ausserhalb derselben. Die Novae der Andromeda und des Centauren zeigten Spektra ohne helle Linien und unähnlich denjenigen der andern. Lässt man diese beiden Sterne fort, so ist die mittlere galaktische Breite der übrigen neuen Sterne 9.0°. Die galaktische Breite der Nova in der nördl. Krone beträgt 46.8°, und dieser Stern bietet die einzige Ausnahme von der Regel, dass alle Novae mit hellen Linien im Spektrum nahe der Zentrallinie der Milchstrasse auftauchten. Sieht man von diesem Sterne ebenfalls ab, so beträgt die durchschnittliche galaktische Breite der übrigen Novae 5.8°. Die einzigen Novae mit hellen Spektrallinien sind diejenigen, die in den Sternbildern: Corona, Cygnus, Perseus, Auriga, Norma, Carina und Sagittarius erschienen; mit Auslassung des ersten ist der durchschnittliche Abstand von der Mittellinie der Milchstrasse 4.6°. Die Wahrscheinlichkeit, dass diese Art der Verteilung lediglich zufällig sei, ist äusserst gering.

Über die Ursachen des Lichtwechsels der veränderlichen Sterne gab A. Berberich eine Zusammenstellung der bisherigen Ansichten und eine Beleuchtung derselben durch die neuesten Beobachtungen.[1])

Man kann sich zunächst Sterne vorstellen, in deren Lichthülle so ausgedehnte Flecken auftreten, dass sie die Gesamthelligkeit des Sternes erheblich herabdrücken. »Da nun das Spektrum der III. Klasse dem Spektrum der Sonnenflecken verwandt erscheint, so liegt die Annahme nahe, dass in der That auf den Veränderlichen vom Miratypus grosse Flecken periodisch erscheinen und wieder verschwinden. Dass es sich beim Algol aber in Wirklichkeit um eine der Sonnenfinsternis analoge Verdeckung eines hellen Sternes durch einen sehr

¹) Naturwissenschaftl. Rundschau 1899 No. 37 u. 38.

nahen, dunkeln Begleiter handle, wurde mit Bestimmtheit von H. C. Vogel spektroskopisch nachgewiesen. Der sichtbare Stern des Algolsystems durchläuft um den Schwerpunkt des letztern eine Bahn in gleicher Zeit, in der sich der Lichtwechsel abspielt; dies geht aus der variablen Verschiebung der Spektrallinien hervor, dem Zeichen der veränderlichen Eigenbewegung längs der Gesichtslinie. Das Minimum trifft auf den Moment, in welchem Algol hinter dem dunkeln Begleiter steht. Sind die Sterne eines solchen Systems beide leuchtend, dann werden im Verlaufe einer Periode zwei Verdeckungen eintreten, welche die ganze Periode in gleiche oder ungleiche Teile zerlegen, ersteres bei kreisförmigen und unter Ausnahmebedingungen bei elliptischen, letzteres nur bei elliptischen Bahnen der Komponenten. Nur wenn die Sterne eines Systems einander sehr nahe stehen, wird ihre gegenseitige Bedeckung merklich, auch wenn ihre Bahn schräg zur Sehrichtung liegt; es kann hier immer noch zu einer »partiellen« Verfinsterung kommen. Je weiter ein Begleiter aber vom Hauptsterne entfernt ist, desto enger muss sich seine Bahnebene an die Sehlinie anschmiegen, wenn er uns den Hauptstern noch verdecken soll. Bei grösserem Abstande ist die Umlaufszeit im allgemeinen länger. Algolveränderliche von langer Periode werden daher sehr selten sein, da nur ausnahmsweise die Bedingung erfüllt sein wird, dass die scheinbare Bahn des Begleiters genau durch den Hauptstern hindurchgeht, so dass dieser zeitweilig verfinstert werden kann.

Es giebt nun andere spektroskopische Doppelsterne von kurzer Umlaufszeit, wie Spica und β Aurigae, die keine Veränderlichkeit zeigen. Hier geht offenbar ein Stern neben dem andern vorbei, ohne ihn zu bedecken. Man hat noch zu beachten, dass bei so grosser Nähe zweier Sterne Ebbe und Flut in den Atmosphären eine grosse Rolle spielen müssen. Die Art von Ab- und Zunahme der Helligkeit beim Minimum ist unter Mitberücksichtigung von atmosphärischen Gezeiten besser zu erklären als ohne dieselben. Bei Spica machen sich solche nicht bemerkbar, sie können auch bei den Algolsternen nur einen sehr mässigen Betrag, weniger als eine Zehntelgrösse, erreichen. Ihre Wirkung ist so zu verstehen, dass in der Flutregion durch die vermehrte Höhe der Atmosphäre deren Absorption verstärkt und das Sternlicht geschwächt ist. Dass diese Schwächung bei den sehr einfach beschaffenen Sternen der I. Spektralklasse gering sein und hauptsächlich die wenigen dunkeln Linien im Spektrum betreffen wird, ist ebenfalls klar. Bei den Sternen vom II. Typus liegen die Verhältnisse schon bedeutend anders. Hier sind die Atmosphären viel dichter, und in ihrer Absorption überwiegen die Dämpfe von Metallen. Lokale Erhebungen und Druckvermehrungen werden deshalb auch einen wesentlich stärkern Einfluss auf die Helligkeit des betreffenden Sternes haben. Noch weiter müssen sich solche Einflüsse bei den Sternen der III. Spektralklasse mit ihren stark abgekühlten Atmosphären steigern.

Durch die photographischen Untersuchungen in Pulkowo und auf der Lick-Sternwarte wurden Linienverschiebungen bei den Spektren der Sterne δ Cephei, η Aquilae und andern von verwandtem Lichtwechsel erkannt. Diese Sterne müssen also nahe Begleiter besitzen. Über die Veränderungen im Spektrum von β Lyrae ist eine umfangreiche Litteratur entstanden, deren Ergebnis gleichfalls in dem Nachweise der Doppelsternnatur dieses Veränderlichen besteht. Die Lichtabnahme im Minimum rührt aber bei den Veränderlichen dieser Art nicht von der Verdeckung eines Sternes durch den andern her. Wenn nämlich eine Komponente vor der andern steht, dann muss die Richtung ihrer Bewegung senkrecht zur Sehlinie stehen; einen Viertelumlauf früher oder später findet die rascheste Annäherung (oder Entfernungszunahme) statt. Die Linienverschiebungen werden bei der ersten Stellung verschwinden (nach Abzug der Bewegung des ganzen Sternsystems), bei den andern Stellungen werden sie ihr Maximum erreichen. In Wirklichkeit hat die Berechnung der Bahnen dieser eigentümlichen Doppelsterne zu dem unerwarteten Resultate geführt, dass die Minima eintreten, wenn der eine Stern weit seitlich vom andern steht, und dass umgekehrt die Zeiten des Maximums und der geometrischen Bedeckung nahe zusammenfallen. Der Widerspruch scheint sich indessen aufzuklären, wenn man die atmosphärischen Gezeiten auf den beiden Sternen des betreffenden Systems berücksichtigt, die wegen der Nähe der Sterne gewaltige Dimensionen annehmen müssen. Die Erfahrung an den irdischen Gezeiten lehrt — übereinstimmend mit der Theorie —, dass im allgemeinen der Moment des Durchganges des Mondes durch den Meridian eines Ortes keineswegs der Zeitpunkt der höchsten Flut ist, dass er sogar häufig mit der Ebbe zusammentrifft. Erscheint uns daher ein Veränderlicher des β Lyraetypus in verminderter Helligkeit, indem der erhöhte und verdichtete »Flutberg« seiner Atmosphäre uns direkt zugewendet ist, dann kann sehr wohl der fluterzeugende Begleiter noch seitlich vom Hauptsterne stehen. Es braucht überhaupt dessen Bahn nicht vor dem Hauptsterne direkt vorbeizuführen, damit Lichtminima vorkommen können. Hier zeigt sich unmittelbar der Unterschied zwischen diesem Typus der Veränderlichen und dem Algoltypus — dort bewirken Gezeiten den Lichtwechsel, hier liegt eine thatsächliche Verfinsterung vor. Würde etwa der enge Doppelstern Spica von der I. zur II. Spektralklasse übergehen (infolge fortdauernder Abkühlung), wobei seine Atmosphäre dichter und kühler würde, dann würden sich wohl bei diesem jetzt unveränderlichen Sterne ebenfalls Lichtschwankungen geltend machen, deren Ursache in der Ebbe und Flut in der Atmosphäre zu suchen wäre.

Bei der starken Absorption in den kühlen Gas- und Dampfhüllen der Sterne des Miratypus (III. Spektralklasse), in denen sich anscheinend schon chemische Verbindungen bilden konnten, wird, wie J. Wilsing gezeigt hat, eine Lichtabnahme um eine Grössen-

klasse bereits durch eine geringe Erhöhung der Atmosphäre erzeugt. Sind also vielleicht auch diese Sterne enge Doppelsterne ähnlich denen der beiden oben behandelten Typen von Veränderlichen?

Einer Bejahung dieser Frage stehen wesentliche Bedenken entgegen. Wenn es unter den Sternen der III. Spektralklasse ebenso enge Doppelsterne gäbe wie beim Algoltypus, der sich ausschliesslich aus der I. Spektralklasse rekrutiert, warum kommt hier nicht auch kurzperiodische Veränderlichkeit durch Verfinsterungen zustande? Warum sind überhaupt die Perioden des Lichtwechsels so grossen Schwankungen unterworfen oder gar nicht nachzuweisen, während sie bei den vorangehenden Typen mit der Umlaufsperiode der Komponenten genau übereinstimmen? Und wenn trotzdem ihre Perioden in einem aus unbekannten Gründen entstellten Zusammenhange mit der Umlaufszeit eines etwaigen Begleiters ständen, wie erklärt es sich da, dass durchschnittlich die am tiefsten rot gefärbten Sterne Begleiter mit den grössten Umlaufszeiten haben? Lange Umlaufszeit kann allerdings die Folge einer geringen Masse des Sternes sein, und ein solch kleiner Stern könnte sich rascher abgekühlt haben als ein grosser. Dann müsste er aber, um noch sichtbar zu sein, uns verhältnismässig nahe stehen, und diese Folgerung wird durch die Beobachtung (Eigenbewegungen, Parallaxen) durchaus nicht bestätigt. Ferner liegt keinerlei Grund für die Annahme vor, dass die grossen und die kleinen Sterne ihren Entwickelungsgang gleichzeitig begonnen hätten.

Für die Gezeitentheorie ist der Satz von grosser Wichtigkeit, dass die Flutwelle sich im Meere um so schneller fortpflanzt, je tiefer die Wasserschicht ist. Bei den Sternen der III. Spektralklasse müssten wir eine dichte, aber wenig hohe Atmosphäre annehmen. Diese Höhe verringert sich immer mehr, je weiter die Sterne vom II. (gelben) Typus entfernt sind, und je näher sie dem Zeitpunkte des Erlöschens stehen, also je mehr sich ihre rötliche Färbung verstärkt. Ist nun einmal durch eine beliebige Ursache eine Flutwelle in der Atmosphäre eines solchen Sternes erzeugt, so wird sie den Stern umlaufen, und zwar mit um so geringerer Geschwindigkeit, je niedriger die Atmosphäre ist. Sind die Massen und Grössen der Sterne nicht allzu sehr verschieden, dann wird die Umlaufsdauer der Flutwelle, also auch die Periode des Lichtwechsels, in einer dem Chandler'schen Gesetze entsprechenden Beziehung zur Färbung der Sterne stehen. Die Ursache der Flut kann sich in ganz anderer Periode wiederholen. Ein in stark exzentrischer Bahn an dem Sterne nahe vorbeilaufender Begleiter von vieljähriger Umlaufszeit könnte sehr wohl eine etwa einjährige Lichtwechselperiode hervorrufen. Diese braucht nicht mit dem Umlaufe des Begleiters kommensurabel zu sein. Bei jeder Rückkehr des letztern würde ein neues Flutwellensystem erzeugt, das sich mit den ältern, im Laufe der Zeit abgeschwächten Systemen in mannigfacher Weise kombinieren kann.

Selbstverständlich werden sich bei einem solchen Systeme keine Linienverschiebungen zeigen, die wie beim Algol- oder δ Cepheitypus der Lichtwechselperiode parallel verlaufen. Campbell hat die Bewegung von Mira Ceti längs der Sehrichtung als unveränderlich nachgewiesen für über ein Viertel der Periode. Ein naher Begleiter ist demnach gewiss nicht vorhanden.

Dürfte man Gaseruptionen aus dem Sterninnern als Ursache der Flutbildung ansehen, dann wäre die Voraussetzung eines Begleiters überhaupt nicht nötig. Dass sich solche Eruptionen einigermassen periodisch wiederholen können, erkennen wir an den Geysirerscheinungen auf der Erde. Überdies könnte sich die Eruptionsperiode der Flutperiode anschliessen, da die Wiederkehr des verminderten Atmosphärendruckes an der ersten Ausbruchsstelle einen wiederholten Ausbruch begünstigen könnte. Dass solche Vorgänge an bestimmte Stellen der Oberfläche eines Sternes gebunden sein können, möchte man aus Wolfer's Wahrnehmungen an der Sonne schliessen, auf der sich ebenfalls gewisse Gegenden durch langandauernde Thätigkeit (Fleckenbildung) auszeichnen.

Die Attraktion eines äussern Körpers, der dem Mirasterne nahe kam, als Ursache eines Gasausbruches anzunehmen, liegt kein Grund vor. Eine solche Eruption mag sich im Innern eines Sternes vorbereiten; ihr Eintritt würde zwar durch die Anziehung des fremden Gestirnes erleichtert werden, er wird aber nicht erfolgen, wenn nicht das eingeschlossene Gas die nötige Spannung zur Überwindung des allerdings verminderten Druckes erreicht hat. Letzteres ist die Hauptbedingung. Sie kann erfüllt sein lange, ehe jenes Gestirn in die grösste Nähe gekommen ist, oder auch lange nach dieser Zeit; schliesslich genügt die kleinste Kraft, die Katastrophe hervorzurufen. Auch unser Mond soll ja in gewissen Stellungen, z. B. in der Erdnähe, »kritische Zeiten«, Erdbeben, Vulkanausbrüche, Gewitter u. s. w. bedingen; die Kritik der kritischen Tage hat aber gezeigt, wie wertlos diese Theorie ist, die auf einem groben Denkfehler beruht, auf der Verwechselung der Begriffe Kraft und Arbeit.

Wir sehen also, dass die Veränderlichkeit beim Algoltypus sich aus der Verdeckung eines Sternes durch einen sehr nahen Begleiter erklärt, wobei sich noch spurweise eine von Gezeiten der Sternatmosphären bewirkte Lichtänderung bemerkbar macht. Beim Typus δ Cephei und β Lyrae sind es diese Gezeiten fast ausschliesslich, die den Lichtwechsel bedingen und sich selbst noch genau an die Perioden halten, in denen sich ein Umlauf dieser gleichfalls sehr enge Doppelsterne bildenden Weltkörper vollzieht. Weite Doppelsterne werden sich kaum als Veränderliche darstellen, weil einmal eine gegenseitige Verdeckung die grösste Seltenheit wäre, und weil die Gezeiten wegen des grossen Abstandes der Sterne nur gering sind. Dagegen könnte bei sehr stark exzentrischen Bahnen eine Komponente auf der andern zur Zeit des Periastrums eine Gezeitenbewegung hervorrufen, die noch längere Zeit ihr Spiel fortsetzt und

bei jedem folgenden Periastrum neu belebt wird. Bei Sternen vom ersten und zweiten Spektraltypus wird eine aus solchen Gezeiten stammende Veränderlichkeit nur wenig auffallen; die Atmosphären üben nur geringe Absorption aus, die sich nicht viel vermehrt, wenn die Höhe der Atmosphäre sich vergrössert. Anders bei Sternen vom dritten Typus, bei denen die Flutregion das von der Sternoberfläche ausgestrahlte Licht in weit höherem Grade dämpfen wird als die Region der Atmosphärenebbe. Die Lichtwechselperioden richten sich, nach dieser Gezeitentheorie, einfach nach der Tiefe der Atmosphären, sie müssen zunehmen von den weissgelben Sternen mit noch hohen, zu den roten Sternen mit niedrigen Atmosphären, einen mittlern Umfang der Sterne vorausgesetzt. Bei den letztgenannten Sternen des Miratypus braucht nicht notwendig ein äusserer Stern die Flut hervorzurufen. Lange unterdrückte und dann um so heftiger auftretende Protuberanzen oder Gasausbrüche können die Ursache bilden.

In diesen Betrachtungen haben wir uns an H. C. Vogel's Einteilung der Spektralklassen gehalten. J. N. Lockyer hat ein anderes System für die Sternspektra aufgestellt und darin die Mirasterne als in Entstehung begriffene, mehrfache Sterne erklärt. Die Komponenten seien Meteoritenwolken; in ihren exzentrischen Bahnen kommen sie einander periodisch so nahe, dass sie sich teilweise durchkreuzen, wobei Kollisionen der einzelnen Meteoriten das Aufleuchten hervorbringen. Bei den langsam laufenden Schwärmen sind die Zusammenstösse schwach und erzeugen nur Rotglut, bei den rasch bewegten, kurzperiodischen bewirken die viel heftigern Kollisionen die Weissglut. Die Beweise für diese sehr schmiegsame, vielfach interessante Theorie erscheinen jedoch zu willkürlich und haben im Laufe der Jahre immer wieder durch neue ersetzt werden müssen, da die alten sich den bessern Beobachtungen gegenüber nicht als stichhaltig bewährten.

Die Thatsache, dass es unter den Sternen der III. Spektralklasse keine Veränderlichen vom Algoltypus giebt, harrt noch der Aufklärung. G. H. Darwin und T. J. J. See haben aus der mathematischen Theorie von Ebbe und Flut gefolgert, dass sich wegen der gegenseitigen Einwirkung der Gezeiten zwei gasförmige Sterne voneinander immer weiter entfernen müssen, wobei die Bahnen immer elliptischer werden. Aus einem engen Algolsysteme würde auf diese Art allerdings ein Mirasystem sich entwickeln können, indem gleichzeitig mit der Erweiterung der Bahnen die Sterne vom I. zum III. Typus übergehen. Man könnte aber auch gerade das Gegenteil vermuten, wenigstens bei den Sternen vom Algol- und β Lyrae- oder δ Cepheitypus. Die Spektralbeobachtungen und andere Gründe deuten darauf hin, dass eine gemeinsame Gashülle die Glieder solcher Systeme umschliesst. Hier kann nun auch eine Bewegungshemmung stattfinden, die zuletzt zu einer Vereinigung der beiden Komponenten führen kann. Vielleicht haben sich in dem sich verdichtenden Gasnebel einzelne kleinere Körper gebildet, die

sich nach und nach zu einer grossen Sonne vereinigen. Merkwürdig ist die kleine Masse, die für Algol gefunden wurde ($^6/_9$ der Sonnenmasse); sie stellt vielleicht nur einen geringen Teil der das vollständige System ausmachenden, noch wenig kondensierten Masse dar.«

Sauerstoff und Stickstoff in den Atmosphären einiger Fixsterne. William Huggins macht[1]) einige vorläufige Mitteilungen über seine Beobachtungen, gemäss welchen bei einigen Sternen, deren Spektra Heliumlinien zeigen, auch Linien des Sauerstoffs und Stickstoffs vorhanden sind. In der Spektralregion bei K zeigen die Spektra von Rigel und β Lyrae etwa zehn Linien, die nach Lage und Intensität mit solchen Linien übereinstimmen, die Neovius als dem Sauerstoff angehörig nachgewiesen hat. Ebenso zeigen Bellatrix und Rigel, sowie einige andere Sterne, nur dunkle Linien, deren Position mit derjenigen der stärksten Stickstofflinien (λ 3995) übereinstimmt, im Spektrum von Bellatrix zeigen sich auch noch einige andere Stickstofflinien. Huggins hält hiernach die Anwesenheit von Sauerstoff und Stickstoff auf diesen Sternen für äusserst wahrscheinlich. Bezüglich des Sauerstoffs ist D. Gill durch spektrographische Aufnahmen mittels des neuen photographischen Refraktors der Capsternwarte, zu gleichen Ergebnissen bei β Crucis gelangt.[2]) Er findet in dessen Spektrum nicht nur Linien des Wasserstoffs Heliums und Sauerstoffs, sondern auch eine Kohlenlinie (λ 4267.2) und eine Magnesiumlinie (λ 4481.17). Ferner betont Gill, dass die Spektra von β Crucis, β und ε Canis majoris und wahrscheinlich auch von β Centauri praktisch völlig identisch sind.

Die Deutung des typischen Spektrums der neuen Sterne ist von Prof. J. Wilsing auf Grund eigener, neuer Beobachtungen behandelt worden.[3]) Dieser Abhandlung ist folgendes entnommen:

»Die auffallendste Erscheinung im Spektrum der Nova Aurigae (1892) bot das Auftreten von Linienpaaren, welche je aus einer hellen Linie und einer an der brechbarern Kante derselben gelegenen Absorptionslinie bestanden. Bei der vielfachen, erfolgreichen Anwendung, welche das Dopplersche Prinzip auf astronomische Probleme gerade in dieser Zeit gefunden hatte, lag es nahe, die relative Verschiebung der beiden Komponenten durch entsprechende Bewegungen im Visionsradius zu deuten, und so basieren denn auch die sämtlichen damals aufgestellten Hypothesen über die Natur der neuen Sterne auf der Anwendung des Doppler'schen Prinzips Grosse Schwierigkeiten bereiteten aber hierbei die resultierenden ausserordentlich starken relativen Geschwindigkeiten im Visionsradius von 150 bis 200 geographischen Meilen, und die damals schon vorhandenen Bedenken, ob das Doppler'sche Prinzip zur Erklärung des Doppelspektrums der Nova Aurigae zulässig sei, wuchsen immer mehr an, als während mehrerer Monate keine merklichen Änderungen der relativen Lage der Doppellinien wahrgenommen werden konnten, besonders aber, als auch im Spektrum der Nova Normae (1893) die Komponenten der auch im Spektrum

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3565. 3583.
[2]) Astrophysical Journal 10. p. 272.
[3]) Sitzb. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wiss. in Berlin 1899. S. 426.

dieses Sternes paarweise auftretenden hellen und dunklen Linien in demselben Sinne gegeneinander verschoben waren wie bei der Nova Aurigae. Da nun weiter noch zwei andere Objekte, β Lyrae und P Cygni (die Nova von 1600), bei ersterem noch vermischt mit Linienverschiebungen, die sich mit Anwendung des Doppler'schen Prinzips auf Bahnbewegung zurückführen lassen, das typische Spektrum der neuen Sterne, ebenfalls mit der gleichen Lage der Komponenten der Doppellinien, zeigten, erschien ein zufälliges Auftreten der Verschiebungen in dem gleichen Sinne höchst unwahrscheinlich, und es mussten nunmehr die Bemühungen darauf gerichtet werden, eine andere Erklärung für dieselben zu finden.

Über Änderungen der Wellenlängen der Spektrallinien, die nicht auf Bewegung zurückgeführt werden können, liegen Beobachtungen verschiedener Art vor. Zunächst treten bei den fluoreszierenden Substanzen Änderungen der Wellenlängen auf, insofern die hellen Bänder meist weniger brechbar sind als die entsprechenden Absorptionsstreifen und sich bei verschiedener Konzentration im Spektrum verschieben. Dies gilt als Regel nach E. Wiedemann und G. C. Schmidt für alle Lumineszenzerscheinungen, bei welchen die Lichtentwickelung bei niedriger Temperatur stattfindet.

Aber auch innerhalb des Gültigkeitsgebietes des Kirchhoff'schen Gesetzes lassen sich Doppelspektra durch Schichtung verschieden heisser Gasmassen erzeugen. Nach den bolometrischen Messungen Paschen's verschieben sich die Emissionsbänder der Kohlensäure mit zunehmender Temperatur nach Rot. Befanden sich die heissen Gase zwischen dem Spalte des Spektroskops und einer Lichtquelle, welche ein kontinuierliches Spektrum von geringerer Intensität gab, so absorbierte die der Luft beigemischte kühlere Kohlensäure auf dem Wege vom Spalte zum Bolometer aus dem kontinuierlichen Spektrum einen Strahlenkomplex, der an der brechbarern Kante des Emissionsbandes der erhitzten Kohlensäure lag.

Von besonderer Wichtigkeit für die physikalische Erklärung der Doppelspektra sind aber die Untersuchungen von W. J. Humphreys und J. F. Mohler, welche zuerst im optischen und ultravioletten Teile des Bogenspektrums der Metalle geringe Linienverschiebungen bemerkten, als sie den Druck in dem den Lichtbogen einschliessenden Behälter bis auf zwölf Atmosphären steigerten. Die Linien wanderten mit wachsendem Drucke stets nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums, und es ergab sich, dass der Betrag der Verschiebungen im allgemeinen dem Drucke und der Wellenlänge der betreffenden Linie proportional war, aber für Linien verschiedener Metalle und für verschiedene Serien von Linien desselben Metalls variierte. Allerdings erreichte die Zunahme der Wellenlänge für zwölf Atmosphären Druck bei den meisten Metallen kaum 0.005 $\mu\mu$, so dass die Anwendung sehr kräftiger Zerstreuung zur Feststellung einer so geringen Verschiebung erforderlich war.

Grössere Verschiebungen, gleichfalls im Sinne der wachsenden Wellenlängen, fanden Eder und Valenta im Spektrum des Argons und Schwefels bei Erhöhung des Druckes und bei Anwendung des Flaschenfunkens. Die Verschiebungen der Schwefellinien betrugen hier etwa 0.05 $\mu\mu$, diejenigen der Argonlinien erreichten in einzelnen Fällen sogar 0.1 $\mu\mu$ und waren mit starker Verbreiterung und Verwaschenheit verbunden.

Ebert führte die kleinen Linienverschiebungen (durchschnittlich 0.4 $\mu\mu$), welche er im Flammenspektrum leicht flüchtiger Metallsalze bei Vermehrung der Dampfmenge beobachtete, auf unsymmetrische Verbreiterung der Linien nach dem roten Ende des Spektrums zurück. Ebenso bemerkt Gouy Verschiebungen bestimmter Linien im Spektrum des Natriums und Schwefels, welche er im elektrischen Bogen verdampfte. Indessen wird man auch hier die Möglichkeit einer Drucksteigerung infolge heftiger Verdampfung nicht ausschliessen können.

Durch die zuletzt angeführten Beobachtungen ist die Richtung, in welcher die Versuche zur Erzeugung von Linienverschiebungen ohne Bewegung im Visionsradius und eventuell zur Herstellung von Doppelspektren

sich zu bewegen haben, angegeben; es handelt sich nun aber darum, die Grösse der Verschiebung zu steigern, so dass sie von gleicher Ordnung wird wie diejenige in dem Doppelspektrum der Nova Aurigae, bei welchem die relative Verschiebung der hellen und dunklen Linien 1 $\mu\mu$ bis 2 $\mu\mu$ betrug.

Nach den Beobachtungen von Humphreys und Mohler muss sich dies durch fortgesetzte Drucksteigerung bis auf einige Hundert Atmosphären erreichen lassen. Um die mit einer so bedeutenden Drucksteigerung verbundenen experimentellen Schwierigkeiten zu umgehen, kam ich auf den Gedanken, die Spektra von Funkenentladungen in Flüssigkeiten zu untersuchen, da bekanntlich in diesem Falle sehr starke Spannungen auftreten.

Bereits Masson hat die Spektra der Flaschenentladung und des Lichtbogens in verschiedenen Flüssigkeiten untersucht, doch nur im Bogenspektrum bei Anwendung metallischer Elektroden helle Linien gefunden. Später haben Planté, Righi, Slouguinoff u. a. die Lichterscheinungen, welche die Entladungen in Flüssigkeiten begleiten, beobachtet, ohne auf das Spektrum derselben einzugehen. Dagegen hat Colley im Spektrum des Lichtbogens, welcher zwischen Platin- und Silberelektroden in Lösungen von Natrium- und Lithiumsalzen überging, ausser den Wasserstofflinien einige den letztern Metallen eigentümliche Linien und auch eine Reihe von Platinlinien gefunden. Ebenso haben Liveing und Dewar im Spektrum der Funkenentladung in flüssigen Gasen und in Wasser von den Platinelektroden herrührende Linien beobachtet. Eine genauere Untersuchung der Linien nach Lage und Aussehen ist jedoch bisher nicht ausgeführt worden.«

»Bei meinen Versuchen bediente ich mich eines grössern Induktoriums, in dessen sekundäre Leitung ausser der Batterie eine Funkenstrecke vor den Elektroden in bekannter Weise eingeschaltet war. Beim Übergange jedes Funkens zeigte sich dann zwischen den Elektroden im Wasser eine blendend helle Entladung, welche ein sehr intensives, von matten Linien durchzogenes, kontinuierliches Spektrum gab. Da die direkte Messung der Linien durch die Helligkeit des kontinuierlichen Hintergrundes und durch das von der Unregelmässigkeit der Entladungen herrührende Flattern des Spektrums erschwert wurde, so habe ich mit Hilfe eines Spektrographen die Entladungsspektra in Wasser und Luft auf derselben Platte aufgenommen, so dass eine bequeme und sichere Bestimmung der relativen Lage der Liniensysteme beider Spektra möglich wurde Die Länge des prismatischen Spektrums zwischen den Wellenlängen 480 $\mu\mu$ und 360 $\mu\mu$ betrug etwa 50 *mm*, und es konnten die Wellenlängen bei schärfer begrenzten Linien bis auf wenige Tausendstel $\mu\mu$ sicher bestimmt werden. Ausserdem hatten die Herren Prof. Lohse und Dr. Hartmann die Gefälligkeit, mit einem stärker zerstreuenden Gitterspektrographen und mit einem grössern Prismenspektrographen einige Aufnahmen zu machen.

Ich habe die Spektra von Eisen, Nickel, Platin, Kupfer, Zinn, Zink, Kadmium, Blei und Silber bei Entladung in Wasser untersucht. Im Spektrum des Eisens treten zahlreiche, aus einer hellen und einer dunklen Linie bestehende Linienpaare auf, deren helle Komponenten beträchtlich nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums verschoben sind, während die Absorptionslinien nur in einzelnen Fällen eine merkliche Verschiebung nach Rot erleiden. In einigen der hellen Linien lassen sich auch feine Intensitätsmaxima erkennen. Ausserdem finden sich noch alleinstehende helle Linien, welche gleichfalls merklich nach Rot verschoben sind. Die Linien sind ziemlich matt und an der weniger brechbaren Kante unscharf.«

Prof. Wilsing giebt eine Tabelle der Wellenlängen der Linien, deren Verschiebung gemessen ist, bezüglich deren auf die Originalabhandlung hier zu verweisen ist. Er fährt dann fort:

»In den auf die beschriebene Weise erzeugten Metallspektren kommen nun Linienverschiebungen und Doppellinien vor, welche denjenigen im

Spektrum der Nova Aurigae in jeder Beziehung ähnlich sind. Auch im Sternspektrum war die Mitte der stark verbreiterten, nach Violett scharf begrenzten und nach Rot verwaschenen hellen Linien beträchtlich nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums verschoben. Zuweilen traten in den hellen Linien des Sternspektrums ziemlich scharfe Intensitätsmaxima auf, wie sie in einigen Fällen auch in den künstlichen Spektren beobachtet wurden. Man kann sich daher das Sternspektrum durch Überlagerung des Absorptionsspektrums, wie es geringem Dampfdrucke entspricht, in der Weise entstanden denken, dass die dunklen Linien durch die hellen, stark verbreiterten und verschobenen Linien teilweise aufgehellt wurden und dadurch eine scheinbare Verschiebung nach Violett erlitten.

Die Beobachtung, dass im Spektrum der Nova die Duplizität besonders bei den Wasserstofflinien deutlich hervortrat, steht nicht im Widerspruche mit der Annahme, dass die leuchtenden Gase in der Photosphäre unter beträchtlichem Drucke standen, da sich aus einer grössern Versuchsreihe, über welche ich an anderer Stelle eingehend berichten werde, ergab, dass das Wasserstoffspektrum nur dann mit zunehmendem Drucke durch Linienverbreiterung kontinuierlich wird, wenn zugleich, wie es bei unveränderter Entfernung der Elektroden in Geissler'schen Röhren der Fall ist, Potential und Temperatur der Entladung zunimmt. Wenn aber bei genügender Verringerung des Abstandes der Elektroden der Induktionsstrom ohne Flasche durch die Röhre geht, so erscheint zwischen den Elektroden weisses Glimmlicht, welches noch bei atmosphärischem Drucke die Linien des Wasserstoffspektrums mit derselben Schärfe zeigt wie bei einem Drucke von wenigen Millimetern. Die Annahme, dass die Wasserstofflinien bei Drucksteigerung ähnliche Verschiebungen erleiden wie die Metall- und Argonlinien, dürfte daher nicht unzulässig sein, und ich hoffe, in nächster Zeit darauf bezügliche Versuche anstellen zu können. Mit Rücksicht auf die Neigung der Wasserstofflinien, sich mit wachsendem Drucke zu verbreitern, muss man aber annehmen, dass die Temperatur in der Photosphäre der Nova eine verhältnismässig niedrige gewesen ist.

Bei der grossen Genauigkeit, welche gegenwärtig die Messung der Linienverschiebungen in Sternspektren zum Zwecke der Bewegungsbestimmung erreicht hat, können die Änderungen der Wellenlängen durch Druck nicht mehr vernachlässigt werden, bei der Vergleichung der Wellenlängen des Rowland-schen Sonnenspektrums mit den Wellenlängen der entsprechenden Metalllinien hat Jewell allerdings nur eine relative Verschiebung beider Systeme von 0.001 $\mu\mu$ bis 0.002 $\mu\mu$ gefunden die einem Drucke von wenigen Atmosphären entspricht, und es wird der Druck in der Photosphäre der Sterne im allgemeinen kaum höher anzunehmen sein. Sollen aber Grössen dieser Ordnung bei Messungen der Geschwindigkeit, deren Genauigkeit innerhalb eines Kilometers gelegen ist, berücksichtigt werden, so braucht nur der allein vom Drucke in der Photosphäre abhängige Unterschied der Verschiebungen für zwei Linien bestimmt zu werden, deren Verschiebungen für eine Druckzunahme von einer Atmosphäre bekannt sind.«

Über denselben Gegenstand hat J. Wilsing sich später auch in den astron. Nachrichten verbreitet.[1]) »Im Spektrum der Nova Aurigae (1892) fielen besonders zahlreiche Doppellinien auf, welche je aus einer hellen Linie und einer an der brechbarern Kante derselben gelegenen Absorptionslinie bestanden. Diese Duplizität war bei den Wasserstofflinien besonders deutlich sichtbar, zeigte sich aber auch bei zahlreichen andern Linien. Ein ganz ähnliches Doppelspektrum besitzt P Cygni, die Nova von 1600, und auch im

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3603.

Spektrum der Nova Normae (1893) liess sich die gleiche Verdoppelung der Wasserstofflinien erkennen. Ferner darf man mit Berücksichtigung gewisser, durch mechanische Bewegung verursachter Modifikationen vielleicht auch das Spektrum von β Lyrae dem Typus der Doppelspektra zurechnen. Die Erklärung dieser Spektra durch Annahme eines Doppelsternsystems mit Hilfe des Doppler'schen Prinzipes führte bald auf Schwierigkeiten, welche in dem aussergewöhnlich grossen Betrage der relativen Verschiebung beider Liniensysteme und in der scheinbaren Unveränderlichkeit dieser Verschiebung ihren Grund hatten. Die Annahme, dass sich zwei Körper mit der konstanten Geschwindigkeit von 150—200 geographischen Meilen im Visionsradius bewegen, würde nur bei einem optischen Doppelsterne denkbar sein, während der ganze Verlauf der Erscheinung auf einen physikalischen Zusammenhang hinweist.« Als Ausgangspunkt für diese physikalische Erklärung boten sich die Untersuchungen von Dr. Wilsing, W. J. Humphreys und J. F. Mohler, welchen es gelang, im Bogenspektrum der Metalle kleine Linienverschiebungen nachzuweisen, als sie den Druck in dem die Elektroden einschliessenden Behälter auf 12 Atmosphären steigerten. Es zeigte sich, dass die Metalllinien mit wachsendem Drucke stets nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums wanderten, und der Betrag der Verschiebung war bei verschiedenen Metallen für die gleiche Druckänderung merklich verschieden. Eine ähnliche Zunahme der Wellenlängen haben Eder und Valenta bei einzelnen Linien im Spektrum des Argons und Schwefels gefunden. Dennoch konnten, obgleich bei den angeführten Versuchen die Richtung der Verschiebung die gleiche war, wie diejenige der hellen Linien im Spektrum der Nova, beide Erscheinungen kaum verglichen werden, so lange die Grösse der Verschiebungen von verschiedener Ordnung blieb. Während die Änderung der Wellenlängen der Metalllinien für eine Druckzunahme von 12 Atmosphären durchschnittlich kaum 0.005 $\mu\mu$ betrug, belief sich die Verschiebung bei den Wasserstofflinien $H\gamma$ und $H\delta$ nach den Messungen von Vogel auf $+0.85$ $\mu\mu$ resp. $+0.44$ $\mu\mu$, und diese Linien hatten zugleich eine Breite von 2.28 $\mu\mu$ und 1.49 $\mu\mu$. Es musste daher noch festgestellt werden, ob beide Erscheinungen bei weiterer Steigerung des Druckes in der Umgebung der leuchtenden Moleküle auch quantitativ vergleichbar werden würden. Nun gelang es Wilsing in Metallspektren sehr beträchtliche Linienverschiebungen und Verbreiterungen hervorzubringen, als er den Flaschenfunken zwischen Metallelektroden in Flüssigkeiten überschlagen liess. Dass der Druck im Funken bei Übergang desselben in Gasen bereits beträchtliche Werte erreicht, haben neuere Versuche von Haschek und Mache gezeigt, bei welchen die Druckzunahme beim Übergange des Funkens in einem geschlossenen Gefässe direkt manometrisch bestimmt wurde. Unter einem erheblich grössern Drucke dürften sich aber die Metalldämpfe im Augenblicke ihrer Entstehung befinden, wenn die Elektroden in Flüssigkeiten tauchen. In der That gelangt

man durch Vergleichung mit den Messungsergebnissen von Humphreys und Mohler in diesem Falle zu Werten, welche mehrere hundert Atmosphären erreichen. Während die Verschiebungen auch bei Wilsing's Versuchen stets im Sinne der wachsenden Wellenlängen erfolgten, war ihre Grösse, gleichfalls übereinstimmend mit jenen Ergebnissen, bei den leichter schmelzbaren Metallen Kadmium, Zink, Zinn, Kupfer beträchtlich grösser als bei Nickel, Eisen und Platin. Zugleich waren bei einzelnen Metallen, wie Kadmium, Zink, Kupfer, die meisten Linien in breite Bänder auseinander gezogen, deren brechbarere Kanten teilweise noch ausserhalb der entsprechenden Metalllinien im normalen Spektrum lagen. So war die brechbarere Kante der hellen Zinklinie λ 472.226 $\mu\mu$ um $+0.143$ $\mu\mu$ nach Rot verschoben, und die Breite des entsprechenden hellen Bandes betrug 1.177 $\mu\mu$. Ausserdem lagen aber in zahlreichen Fällen dunkle Absorptionslinien an der brechbarern Kante der hellen Linien, welche im allgemeinen mit den Linien im normalen Spektrum koinzidierten und nur in einzelnen Fällen, besonders deutlich bei der Zinklinie λ 481.071 $\mu\mu$, gleichfalls verschoben waren. Der Anblick der hellen Bänder war auch in Einzelheiten demjenigen der Sternlinien ähnlich, da in beiden Fällen die brechbarere Kante ziemlich scharf begrenzt, die nach Rot gelegene Kante des Bandes verwaschen war. Wilsing erwähnt noch, dass die Gruppe der b Linien im Grün, welche dem Magnesium angehören, durch ein breites, nach Rot verwaschenes Band ersetzt wurde, welches nach Lage und Aussehen mit einer der hellsten Linien im Spektrum der Nova übereinstimmte.

Trotz der Ähnlichkeit des Anblickes dieser Spektra mit den Sternspektren blieb aber noch eine wesentliche Lücke auszufüllen, da bisher nur aus dem gleichen Verhalten der Spektrallinien der Metalle auf ähnliche Änderungen der Wellenlängen der Wasserstofflinien bei zunehmendem Drucke geschlossen werden konnte. Deshalb war der experimentelle Nachweis einer Linienverschiebung bei der hervorragenden Bedeutuug, welche dem Wasserstoffspektrum zukommt, besonders wünschenswert. Im allgemeinen verbreitern sich die Wasserstofflinien mit zunehmendem Drucke sehr bedeutend und werden zugleich so unscharf, dass eine genauere Wellenlängenbestimmung unmöglich ist. Durch besondere Untersuchungen über das Spektrum des Wasserstoffes in Geissler'schen Röhren hat Wilsing indessen gezeigt, dass diese störende Verbreiterung bei zunehmendem Drucke nicht eintritt, wenn die Temperatur der Entladung niedrig genug bleibt, und dass auf diesem Wege eine exakte Bestimmung des Zusammenhanges zwischen Verschiebung und Drucksteigerung zu erlangen sein wird. Der Nachweis, dass sich die Brechbarkeit der Wasserstofflinien mit dem Drucke ändert, gelang ihm aber wenigstens für die Linie $H\beta$ durch Anwendung desselben Verfahrens, welches sich bei der Untersuchung der Metallspektra fruchtbar erwiesen hatte. Als Wilsing den Flaschenfunken zwischen Kohlen-

Spektrum der Nova Normae (1893) liess sich die gleiche Verdoppelung der Wasserstofflinien erkennen. Ferner darf man mit Berücksichtigung gewisser, durch mechanische Bewegung verursachter Modifikationen vielleicht auch das Spektrum von β Lyrae dem Typus der Doppelspektra zurechnen. Die Erklärung dieser Spektra durch Annahme eines Doppelsternsystems mit Hilfe des Doppler'schen Prinzipes führte bald auf Schwierigkeiten, welche in dem aussergewöhnlich grossen Betrage der relativen Verschiebung beider Liniensysteme und in der scheinbaren Unveränderlichkeit dieser Verschiebung ihren Grund hatten. Die Annahme, dass sich zwei Körper mit der konstanten Geschwindigkeit von 150—200 geographischen Meilen im Visionsradius bewegen, würde nur bei einem optischen Doppelsterne denkbar sein, während der ganze Verlauf der Erscheinung auf einen physikalischen Zusammenhang hinweist.« Als Ausgangspunkt für diese physikalische Erklärung boten sich die Untersuchungen von Dr. Wilsing, W. J. Humphreys und J. F. Mohler, welchen es gelang, im Bogenspektrum der Metalle kleine Linienverschiebungen nachzuweisen, als sie den Druck in dem die Elektroden einschliessenden Behälter auf 12 Atmosphären steigerten. Es zeigte sich, dass die Metalllinien mit wachsendem Drucke stets nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums wanderten, und der Betrag der Verschiebung war bei verschiedenen Metallen für die gleiche Druckänderung merklich verschieden. Eine ähnliche Zunahme der Wellenlängen haben Eder und Valenta bei einzelnen Linien im Spektrum des Argons und Schwefels gefunden. Dennoch konnten, obgleich bei den angeführten Versuchen die Richtung der Verschiebung die gleiche war, wie diejenige der hellen Linien im Spektrum der Nova, beide Erscheinungen kaum verglichen werden, so lange die Grösse der Verschiebungen von verschiedener Ordnung blieb. Während die Änderung der Wellenlängen der Metalllinien für eine Druckzunahme von 12 Atmosphären durchschnittlich kaum 0.005 $\mu\mu$ betrug, belief sich die Verschiebung bei den Wasserstofflinien $H\gamma$ und $H\delta$ nach den Messungen von Vogel auf $+0.85$ $\mu\mu$ resp. $+0.44$ $\mu\mu$, und diese Linien hatten zugleich eine Breite von 2.28 $\mu\mu$ und 1.49 $\mu\mu$. Es musste daher noch festgestellt werden, ob beide Erscheinungen bei weiterer Steigerung des Druckes in der Umgebung der leuchtenden Moleküle auch quantitativ vergleichbar werden würden. Nun gelang es Wilsing in Metallspektren sehr beträchtliche Linienverschiebungen und Verbreiterungen hervorzubringen, als er den Flaschenfunken zwischen Metallelektroden in Flüssigkeiten überschlagen liess. Dass der Druck im Funken bei Übergang desselben in Gasen bereits beträchtliche Werte erreicht, haben neuere Versuche von Haschek und Mache gezeigt, bei welchen die Druckzunahme beim Übergange des Funkens in einem geschlossenen Gefässe direkt manometrisch bestimmt wurde. Unter einem erheblich grössern Drucke dürften sich aber die Metalldämpfe im Augenblicke ihrer Entstehung befinden, wenn die Elektroden in Flüssigkeiten tauchen. In der That gelangt

man durch Vergleichung mit den Messungsergebnissen von Humphreys und Mohler in diesem Falle zu Werten, welche mehrere hundert Atmosphären erreichen. Während die Verschiebungen auch bei Wilsing's Versuchen stets im Sinne der wachsenden Wellenlängen erfolgten, war ihre Grösse, gleichfalls übereinstimmend mit jenen Ergebnissen, bei den leichter schmelzbaren Metallen Kadmium, Zink, Zinn, Kupfer beträchtlich grösser als bei Nickel, Eisen und Platin. Zugleich waren bei einzelnen Metallen, wie Kadmium, Zink, Kupfer, die meisten Linien in breite Bänder auseinander gezogen, deren brechbarere Kanten teilweise noch ausserhalb der entsprechenden Metalllinien im normalen Spektrum lagen. So war die brechbarere Kante der hellen Zinklinie λ 472.226 $\mu\mu$ um $+ 0.143$ $\mu\mu$ nach Rot verschoben, und die Breite des entsprechenden hellen Bandes betrug 1.177 $\mu\mu$. Ausserdem lagen aber in zahlreichen Fällen dunkle Absorptionslinien an der brechbarern Kante der hellen Linien, welche im allgemeinen mit den Linien im normalen Spektrum koinzidierten und nur in einzelnen Fällen, besonders deutlich bei der Zinklinie λ 481.071 $\mu\mu$, gleichfalls verschoben waren. Der Anblick der hellen Bänder war auch in Einzelheiten demjenigen der Sternlinien ähnlich, da in beiden Fällen die brechbarere Kante ziemlich scharf begrenzt, die nach Rot gelegene Kante des Bandes verwaschen war. Wilsing erwähnt noch, dass die Gruppe der b Linien im Grün, welche dem Magnesium angehören, durch ein breites, nach Rot verwaschenes Band ersetzt wurde, welches nach Lage und Aussehen mit einer der hellsten Linien im Spektrum der Nova übereinstimmte.

Trotz der Ähnlichkeit des Anblickes dieser Spektra mit den Sternspektren blieb aber noch eine wesentliche Lücke auszufüllen, da bisher nur aus dem gleichen Verhalten der Spektrallinien der Metalle auf ähnliche Änderungen der Wellenlängen der Wasserstofflinien bei zunehmendem Drucke geschlossen werden konnte. Deshalb war der experimentelle Nachweis einer Linienverschiebung bei der hervorragenden Bedeutuug, welche dem Wasserstoffspektrum zukommt, besonders wünschenswert. Im allgemeinen verbreitern sich die Wasserstofflinien mit zunehmendem Drucke sehr bedeutend und werden zugleich so unscharf, dass eine genauere Wellenlängenbestimmung unmöglich ist. Durch besondere Untersuchungen über das Spektrum des Wasserstoffes in Geissler'schen Röhren hat Wilsing indessen gezeigt, dass diese störende Verbreiterung bei zunehmendem Drucke nicht eintritt, wenn die Temperatur der Entladung niedrig genug bleibt, und dass auf diesem Wege eine exakte Bestimmung des Zusammenhanges zwischen Verschiebung und Drucksteigerung zu erlangen sein wird. Der Nachweis, dass sich die Brechbarkeit der Wasserstofflinien mit dem Drucke ändert, gelang ihm aber wenigstens für die Linie $H\beta$ durch Anwendung desselben Verfahrens, welches sich bei der Untersuchung der Metallspektra fruchtbar erwiesen hatte. Als Wilsing den Flaschenfunken zwischen Kohlen-

elektroden übergehen liess, leuchteten, wenn die Elektroden mit Wasser befeuchtet wurden, besonders die Wasserstofflinien $H\alpha$ und $H\beta$ hell auf. Da die Entwickelung des Wasserstoffes mit explosionsartiger Heftigkeit und infolgedessen unter starkem Drucke stattfand, so waren bei der hohen Temperatur des Funkens die Linien zwar ausserordentlich verbreitert, doch zeigte das Spektrogramm in der Mitte der hellen Linie $H\beta$ eine verhältnismässig feine und gut begrenzte Absorptionslinie, welche 0.10 $\mu\mu$ weniger brechbar war, als die entsprechende Linie im normalen Spektrum einer Geissler'schen Röhre bei niedrigem Drucke. Die brechbarern Wasserstofflinien $H\gamma$ und $H\delta$ waren hier bereits so stark verbreitert und verwaschen, dass sie durch die kräftigen Kohlenstofflinien und die stark entwickelten Cyanbänder vollständig überdeckt wurden.

»Die physikalische Erklärung des Spektrums der neuen Sterne geht nach diesen Darlegungen von der Voraussetzung aus, dass sich diejenigen leuchtenden Moleküle, welche die hellen Linien im Sternspektrum geben, unter höherem Drucke befinden. Will man die Hypothese eines Doppelsternsystems bei der Nova Aurigae beibehalten, so würde man dem einen der beiden Sterne ein Spektrum mit dunklen, breiten Absorptionslinien zuschreiben müssen, welche die Stelle der Linien im normalen Spektrum einnehmen, während die von dem andern Sterne herrührenden hellen Linien nach Rot verschoben sind und die weniger brechbare Seite der Absorptionslinien in dem zur Beobachtung gelangenden Gesamtspektrum teilweise überlagern. Bei den rasch verlaufenden Lichtschwankungen, welche die Mehrzahl der neuen Sterne zeigte, wird die Annahme mechanischer, von Drucksteigerungen begleiteter Massenverschiebungen, nichts Auffallendes haben, wenn man die analogen Erscheinungen der Protuberanzen in der Sonnenphotosphäre zur Vergleichung heranzieht. Aber auch auf chemischem Wege können Drucksteigerungen hervorgebracht werden, wenn die Temperatur niedrig genug ist, um die Bildung von Verbindungen zu gestatten. Auf eine verhältnismässig niedrige Temperatur weist aber gerade das Verhalten der Wasserstofflinien hin, wenn ihre Verschiebung im Sternspektrum als Wirkung des Druckes angesehen wird, da bei hoher Temperatur zugleich eine so beträchtliche Verbreiterung der Linien hätte eintreten müssen, dass dieselben vermutlich nicht zu erkennen gewesen wären. Von diesem Standpunkte aus wäre die Erscheinung der Nova vielleicht als Folge einer Gleichgewichtsstörung eines in seiner Entwickelung bereits weit vorgeschrittenen Sternes aufzufassen, einer Störung, welche etwa durch Gravitationswirkungen bei dem nahen Vorübergange zweier Weltkörper verursacht werden kann.

Aber auch ein einfacher Stern kann unter gewissen Voraussetzungen ein Doppelspektrum geben. Wenn der eigentliche Kern des Sternes von einer so ausgedehnten und intensiv leuchtenden gasförmigen Hülle umgeben ist, dass die Strahlung der Randpartien, welche über die Scheibe hinausragen, einen erheblichen Bruchteil

der Gesamtstrahlung ausmacht, so wird ein Spektrum mit hellen Linien auftreten, welches sich über das Absorptionsspektrum des Kernes legt, und zwar wird durch die Strahlung der untern, dem Kern benachbarten, hellsten und dichtesten Schichten der Hülle der weniger brechbare Teil der entsprechenden Absorptionslinien im Spektrum des Kernes aufgehellt werden müssen, so dass ein Spektrum mit Linienpaaren entsteht, welche sich je aus einer hellen und einer brechbarern dunklen Linie zusammen setzen. Diese Erklärung des Doppelspektrums durch Annahme einer ausgedehnten Atmosphäre, wie sie Scheiner auch bei γ Cassiopejae voraussetzt, würde sich besonders für P Cygni wegen der Unveränderlichkeit des Spektrums dieses Sternes eignen, da bei dieser Hypothese wesentlich statische gegenüber den früher betrachteten dynamischen Druckwirkungen auftreten.«

Sterne mit bemerkenswerten Spektren. T. E. Espin giebt eine Liste[1]) von neun entdeckten Sternen dieser Klasse im Anschlusse an sein zuletzt veröffentlichtes Verzeichnis.[2]) Die Beobachtungen geschahen mit einem Spiegelteleskop von $17^1/_4$ Zoll Öffnung. Unter denselben befindet sich W Pegasi (α 23^h 14.8^m, $\delta + 25^0$ $43'$ für 1900), der ein Spektrum vom Typus desjenigen von Mira Ceti besitzt.

Das Spektrum von *α* Aquilae. Dasselbe gehört dem I. Spektraltypus an, zeigt aber eine Eigentümlichkeit, auf welche 1889 zuerst Prof. Scheiner aufmerksam gemacht hat.[3]) Dieselbe besteht darin, dass in diesem Spektrum ausser den breiten Wasserstofflinien ganz matte, etwas verwaschene Bänder zu erkennen sind. Scheiner konnte später den Nachweis liefern, dass diese Bänder in Bezug auf ihre Lage im Spektrum mit Liniengruppen im Spektrum der Sterne des II. Spektraltypus übereinstimmen. Scheiner hat zwei Möglichkeiten der Erklärung dieser Erscheinung gegeben.[4]) »Einmal,« sagt er, »kann man sich vorstellen, dass infolge stärkerer Abkühlung und Verdichtung in der Konstitution des Sternes bereits einige Ähnlichkeit mit der Sonne eingetreten ist, und zwar so, dass nicht allmählich einzelne besonders hervorragende Metalllinien aufgetreten sind, sondern dass die absorbierende Atmosphäre auch gleich in ihrer Zusammensetzung Ähnlichkeit mit derjenigen auf der Sonne hat. Es besteht hierbei noch eine mächtige Wasserstoffatmosphäre, die auch noch grosse Mengen von Magnesiumdampf enthält. Der Stern würde dann einen vorzüglichen Beweis für den allmählichen Übergang der ersten Spektralklasse in die zweite bilden.«

»Eine zweite Erklärung des Spektrums von α Aquilae würde die sein, das Spektrum als aus zwei übereinander gelagerten Kom-

1) Astron. Nachr. No. 3559.
2) Astron. Nachr. No. 3477.
3) Astron. Nachr. No. 2924.
4) Publ. des Astrophys. Obs. zu Potsdam 7. 2. p. 232. 1895.

ponenten bestehend zu betrachten, als eine optische Überlagerung eines Spektrums der ersten Klasse durch ein solches der zweiten. Vor einigen Jahren würde eine derartige Erklärung kaum annehmbar gewesen sein; heute, nachdem bereits mehrere sehr enge Doppelsternsysteme bekannt sind, liegt kein Bedenken vor, α Aquilae als einen Doppelstern zu betrachten, dessen eine Komponente ein Stern der ersten, dessen andere Komponente ein Stern der zweiten Spektralklasse ist.«

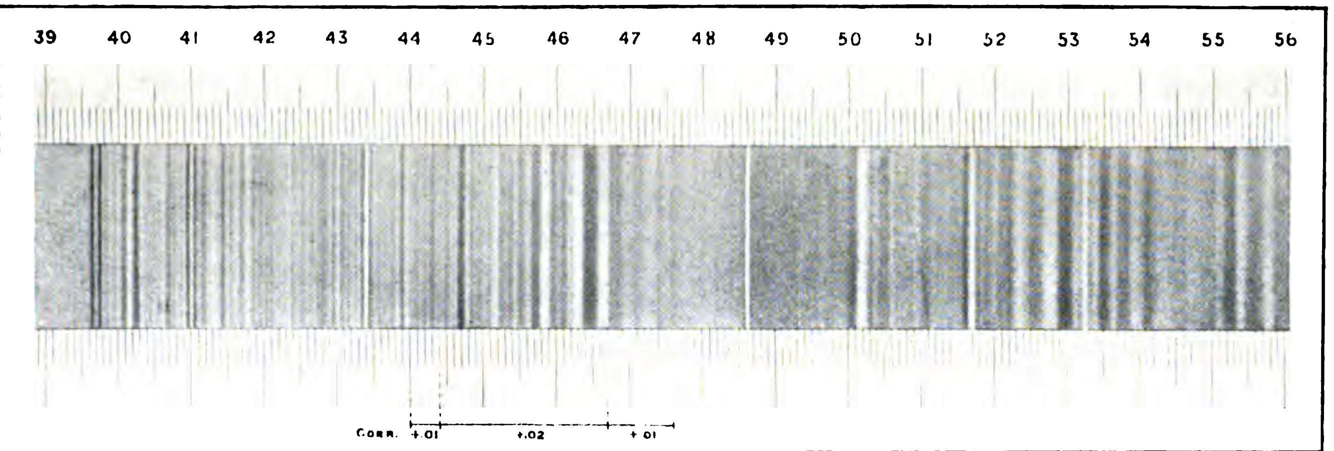
Eine ähnliche Deutung wie die letztere ist seitdem auch von anderer Seite ausgesprochen worden, ja Deslandres kommt auf Grund seiner spektralphotographischen Aufnahmen 1892—1895 sogar zu der Meinung, der Stern müsse mindestens dreifach sein. Dieser Ansicht vermochte Prof. Vogel in Potsdam sich nicht anzuschliessen, und es schien ihm deshalb von Wichtigkeit, eine Wiederholung der photographischen Aufnahmen des Spektrums von α Aquilae vornehmen zu lassen unter Benutzung des grossen Spektrographen, den das astrophysikalische Observatorium in Potsdam besitzt. Diese Aufnahmen sind 1896 von Dr. Clemens und 1897 von Dr. Hartmann ausgeführt worden, und die Ergebnisse der Untersuchungen, welche Prof. Vogel an denselben angestellt, hat er der Preuss. Akademie der Wissenschaften vorgelegt.[1])

Im ganzen lagen ihm 29 Spektrogramme vor. Mehrere der im Durchschnitte wohl gelungenen Aufnahmen zeigen die eingangs erwähnten matten Bänder im Spektrum sehr deutlich. Auf einigen besonders guten Photographien machen die Bänder den Eindruck, als wenn sie in Linien aufgelöst werden könnten, was jedoch bei Anwendung stärkerer Vergrösserung wegen des groben Silberkornes nicht gelingt.

»Es scheint mir nun,« sagt Prof. Vogel, »dass die schwachen verwaschenen Bänder im Spektrum eines Sternes der I. Spektralklasse ganz besondere Beachtung verdienen, da in den Spektren dieser Klasse ausser den breiten, mehr oder minder verwaschenen Wasserstofflinien nur Linien meist von grosser Zartheit und fast ausnahmslos von ausserordentlicher Schärfe zu erkennen sind. Die Beobachtung von Prof. Scheiner, dass diese Bänder mit Liniengruppen eines Spektrums der Klasse IIa ziemlich sicher zu identifizieren sind, ist von grosser Bedeutung; es bedürfen aber die eingangs angeführten Hypothesen noch einer Ergänzung, da sie keine Erklärung dafür geben, weshalb die Liniengruppen als verwaschene Bänder erscheinen. Ein Sternspektrum der II. Klasse kann niemals durch blosse Lichtschwäche dem Bänderspektrum von α Aquilae ähnlich werden, indem die Liniengruppen bei grosser Lichtschwäche nicht bänderartig hervortreten werden, sondern es werden sich nur einzelne stärkere Linien des Spektrums abheben, und die zarten Liniengruppen fast gänzlich verschwinden. Es muss also eine be-

---

[1]) Sitzbr. der Kgl. Preuss. Akademie der Wiss. 1898. 46.



Spektrum von γ Cassiopejae
nach einer Photographie vom 7. März 1898.
Aufgenommen am Stonyhorst-College-Observatorium.

Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

sondere Bewandtnis mit diesem Spektrum haben, und ich habe zunächst versucht, auf experimentellem Wege eine Erscheinung, wie sie das Spektrum von α Aquilae bietet, hervorzubringen. Verbreitert man mittels eines doppeltbrechenden Prismas die Linien im Sonnenspektrum, oder verdoppelt man durch weitere Drehung des Prismas die sämtlichen Linien des Spektrums, so ist es auffällig, wie dadurch einzelne Liniengruppen stark hervortreten. Noch besser gelingt es, durch Anwendung einer Cylinderlinse, mit der man eine geringe Verbreiterung aller Linien des Sonnenspektrums hervorbringt, ein Spektrum herzustellen, welches dem von α Aquilae ähnlich wird. Auch schon durch unscharfe Fokussierung kann man Ähnliches erreichen. Es entstehen dann nicht nur leicht verwaschene Bänder, die nicht mehr in Linien auflösbar sind, sondern es bilden sich in diesen auch Intensitätsmaxima durch teilweise Übereinanderlagerung der verbreiterten Linien, die, wenn sie noch mit den kräftigern Linien in einer Liniengruppe zusammenfliessen, eine Verschiebung des Intensitätsmaximums in der Liniengruppe und damit starke Veränderungen des Aussehens des Spektrums hervorbringen.

Schliesslich ist es gelungen, durch unscharfe Fokussierung der photographischen Platte mit dem grossen Spektrographen Aufnahmen vom Sonnenspektrum herzustellen, bei denen durch Ineinanderfliessen eng stehender Linien ein Spektrum entstanden war, welches dem Anblick nach sich dem Bänderspektrum von α Aquilae nähert. Eine Vergleichung eines solchen Spektrums mit zwei Aufnahmen von α Aquilae, bei welchen die matten Bänder besonders gut zu sehen waren, hat Dr. Hartmann vorgenommen, und das von ihm aufgestellte Verzeichnis von breiten und verwaschenen Bändern im Spektrum von α Aquilae steht in guter Übereinstimmung mit den frühern Untersuchungen von Prof. Scheiner.

Es ist bemerkenswert, dass linienärmere Gegenden des Spektrums im verwaschenen Sonnenspektrum wie im Spektrum von α Aquilae den Eindruck heller Streifen machen. Die genaue Vergleichung beider Spektra führt jedoch zu der Annahme, dass eine vollkommene Übereinstimmung nicht stattfindet, dass besonders die Gruppe G im Spektrum von α Aquilae kaum angedeutet ist, während sie im verwaschenen Sonnenspektrum noch sehr stark hervortritt. Es steht das im vollen Einklang mit meiner Charakteristik der Spektra der Klasse Ia 3, welche eine grosse Anzahl von Metalllinien neben den breiten, stark dominierenden Wasserstofflinien enthalten, bei denen aber, im Gegensatz zu den Spektren der Klasse IIa, die Liniengruppe G nur schwach entwickelt ist.«

Prof. Vogel möchte darin eine Stütze für die Annahme finden, dass eine Übereinanderlagerung eines Spektrums der Klasse Ia mit einem der Klasse IIa im vorliegenden Falle nicht anzunehmen ist. Abgesehen von Einzelheiten, ist auch hier die Ähnlichkeit zwischen dem durch unscharfe Einstellung der Platte erzeugten Sonnenspektrum und dem von α Aquilae so gross, dass er nicht daran

zweifeln möchte, den Grund des Entstehens verwaschener Bänder im Spektrum von α Aquilae in einem durch Verbreiterung der einzelnen Linien verursachten Zusammenfliessen eng stehender Linien zu suchen.

Die Ursache, welche die Verbreiterung der Linien hervorruft, ist schwer mit Sicherheit anzugeben.

Abney hat im Jahre 1877 zuerst auf den Einfluss der Rotation eines Himmelskörpers auf sein Spektrum aufmerksam gemacht; er wollte die Verbreiterung der Wasserstofflinien in den Spektren der Klasse Ia daraus erklären, ja sogar aus der Grösse der Verbreiterung eine mittlere Rotationszeit für diese Sterne ableiten. Prof. Vogel hat damals darauf hingewiesen,[1]) dass diese theoretisch durchaus richtige Betrachtung zur Erklärung der breiten Wasserstofflinien in den Sternen der I. Spektralklasse aus mehrern Gründen nicht zulässig sei, besonders auch deshalb nicht, weil eine Linienverbreiterung durch Rotation sich auf alle Linien im Spektrum erstrecken müsse, und scharfe, schmale Linien neben den breiten Wasserstofflinien, wie sie die Spektra der Klasse Ia thatsächlich zeigen, nicht vorhanden sein dürfen, wenn die Erklärung zulässig sein sollte. Dieser Einwurf war nach dem Stande der damaligen Beobachtungen vollkommen richtig. Mit den inzwischen vervollkommneten optischen Apparaten und mit dem über alles Erwarten wertvollen Hilfsmittel, zu welchem die Photographie sich ausgebildet hat, hat sich der Standpunkt verschoben, und Prof. Vogel möchte jetzt nach den obigen Auseinandersetzungen über das Spektrum von α Aquilae diesen Satz aufheben. »Damit,« sagt er, »ist aber ein Feld für die Erklärung der Verbreiterung der Linien durch Rotation gewonnen, und ich halte dieselbe für die Sterne α Aquilae und β und δ Leonis, vielleicht auch für β Cassiopejae, für recht wahrscheinlich. Bei α Aquilae finde ich noch eine Stütze für diese Annahme darin, dass aus den neuern Beobachtungen eine periodische Bewegung des Sternes, wie sie eintreten könnte, wenn ein Begleiter von einer relativ zu der des Hauptsternes nicht zu geringen Masse vorhanden wäre, nicht abgeleitet werden kann.«

Das Gesagte zusammenfassend, spricht Prof. Vogel folgende Ansicht über das Spektrum von α Aquilae aus: »Das Spektrum gehört zur Klasse Ia 3, die Wasserstofflinien sind durch die Druck- und Temperaturverhältnisse in der Atmosphäre des Sternes stark verbreitert, sie erscheinen noch um ein weniges mehr verwaschen durch die Rotation des Sternes. Ausser den Wasserstofflinien sind die Linien der Spektra zahlreicher Metalle vorhanden, und die Atmosphäre des Sternes nähert sich in Bezug auf ihre Zusammensetzung derjenigen der Sterne der II. Spektralklasse. Die sämtlichen Linien sind aber infolge einer stärkern Rotation verbreitert, so dass sich aus nahe zusammenstehenden Linien einzelne verwaschene

[1]) Astron. Nachr. No. 2141.

Bänder bilden, kräftigere, isoliert stehende Linien aber verwaschen erscheinen.«

Damit man sich über die Grösse der Rotationsgeschwindigkeit, durch welche der besprochene Effekt des Zusammenfliessens eng stehender Linien in Bänder hervorgebracht werden könnte, eine Vorstellung machen kann, führt Prof. Vogel folgendes an:

In linienreichen Gegenden des Sonnenspektrums würde unter der Annahme, die Linien ständen gleich weit voneinander ab, eine Rotationsgeschwindigkeit von 13.5 *km* ausreichen, diese Linien so zu verbreitern, dass sie sich theoretisch gegenseitig berührten. Infolge der ausserordentlich geringen Intensität, welche die Linien an ihren Rändern besässen, würden sie noch getrennt erscheinen; bei dem doppelten Betrage der Rotationsgeschwindigkeit dürfte aber ein thatsächliches Zusammenfliessen der Linien bei den gedachten Abständen vorauszusetzen sein.

»Die Rotationsgeschwindigkeit eines Punktes des Sternäquators von 27 *km* würde,« fährt Prof. Vogel fort, »allerdings dreizehnmal so gross sein, als die eines Punktes des Sonnenäquators, dagegen nur doppelt so gross, als die eines Punktes des Jupiteräquators, und sie kann deshalb wohl kaum als unwahrscheinlich angesehen werden.

Giebt man aber die Möglichkeit einer Rotationsbewegung bei Sternen von dem angegebenen Betrage zu, so drängt sich unwillkürlich die Frage auf, weshalb bisher nur bei drei oder vier Sternen ein Spektrum beobachtet wurde, aus dessen Beschaffenheit man auf eine schnellere Rotation des betreffenden Sternes schliessen könnte? Da ist zunächst anzuführen, dass hierüber entscheidende Beobachtungen nur bei Anwendung sehr starker Zerstreuung möglich sind, und bisher nur 50 der hellsten Sterne, die in Potsdam beobachtet wurden, in Frage kommen können. Weiter ist zu erwägen, dass, wie bei den engen Doppelsternen, die nur mit Hilfe des Spektroskops als solche erkannt werden können, noch die Bedingung hinzukommt, dass bei den erstern die Bahnebene, bei den letztern der Äquator einen möglichst spitzen Winkel mit der Gesichtslinie zur Erde einschliessen muss.«

Dr. Vogel teilt ferner die Ergebnisse der in den vorletzten Jahren auf dem Observatorium zu Potsdam ausgeführten spektralphotographischen Aufnahmen und Untersuchungen über die Geschwindigkeit von α Aquilae in der Richtung zur Erde hin mit. Es wurde bei den Untersuchungen die Grösse der Verschiebung der Wasserstofflinien $H\gamma$ des Sternspektrums gegen die entsprechende Wasserstofflinie des Vergleichsspektrums auf der photographischen Platte gemessen.

Diese Messungen gestatten die Berechnung der Geschwindigkeit für die Zeit der Aufnahme des Spektrums, welche Geschwindigkeit durch die Bewegung der Erde beeinflusst und verändert erscheint. Um die wahre Geschwindigkeit des Sternes zu ermitteln, muss die

unmittelbar beobachtete auf die ruhende Sonne bezogen werden. Wird diese Reduktion auf die Sonne rechnerisch berücksichtigt, so ergiebt sich endlich die wahre Bewegung des Sternes relativ zur Sonne. Die nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse der einzelnen Aufnahmen und Messungen zu Potsdam:

Datum	Verschiebung in Schraubenumdrehungen	Bewegung in *km*	Reduktion auf die Sonne	Bewegung relativ zur Sonne in *km*
1896				
5. August . . .	—0.104	—23.3	— 6.2	—29.5
9. » . . .	0.111	24.9	7.9	32.8
11. » . . .	0.112	25.1	8.7	33.8
27. » . . .	0.069	15.5	14.8	30.3
16. September . .	0.044	9.9	21.0	30.9
27. » . .	0.045	10.1	23.5	33.6
28. » . .	0.044	9.9	23.7	33.6
29. » . .	0.053	11.9	23.8	35.7
9. Oktober . . .	0.026	5.8	25.2	31.0
10. » . . .	0.040	9.0	25.3	34.3
12. » . . .	0.034	7.6	25.5	33.1
22. » . . .	0.028	6.3	25.9	32.2
24. » . . .	0.041	9.2	25.9	35.1
4. November . .	0.050	11.2	25.2	36.4
5. » . .	0.038	8.5	25.1	33.6
6. » . .	0.049	11.0	25.0	36.0
9. » . .	0.068	15.2	24.6	39.8
10. » . .	0.049	11.0	24.5	35.5
12. » . .	0.048	10.7	24.2	34.9
13. » . .	0.010	2.2	24.0	26.2
17. » . .	0.043	9.6	23.2	32.8
26. » . .	0.059	13.2	21.3	34.5
3. Dezember . .	0.059	13.2	19.3	32.5
1897				
9. November . .	0.031	6.9	24.7	31.6
10. » . .	0.032	7.2	24.5	31.7
11. » . .	0.031	6.9	24.4	31.3
13. » . .	0.033	7.4	24.1	31.5
20. » . .	0.040	9.0	22.8	31.8
15. Dezember . .	0.088	19.7	15.3	35.0

Im Mittel ergiebt sich aus 29 Platten eine Annäherung des Sternes zur Sonne pro Sekunde von 32.9 *km* oder 4.44 geographischen Meilen mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm$ 0.3 *km* oder 0.04 Meilen. Andeutungen irgend welcher periodischer Schwankungen dieses Wertes sind nicht gegeben. Durch Zuziehung der neu gemessenen frühern Aufnahmen (1888) ergiebt sich als Mittelwert der Näherung des Sternes pro Sekunde 4.60 Meilen, was mit dem von Scheiner gefundenen Werte von 4.58 Meilen so gut wie völlig übereinstimmt.

Deslandres hat ebenfalls Beobachtungen über die Bewegung des Sternes *α* im Adler in der Gesichtslinie ausgeführt und deren Ergebnisse veröffentlicht[1]). Es sind die folgenden:

Bewegung in der Richtung zur Sonne in *km*.

1892.	8. Juli	—23.3	1895.	15. Juni	— 9.8	1895.	19. Aug.	—28.2
	6. Aug.	—12.4		17. »	—13.4		20. »	—28.6
	12. »	—32.6		22. »	—16.1		21. »	—19.8
	13. »	—25.6		24. »	— 8.2		22. »	—29.0
	31. »	—18.5		25. »	— 3.0		24. »	—28.5
	12. Septbr.	—11.8		26. »	— 4.6		26. »	—33.8
	19. »	—38.4		3. Juli	—11.0		28. »	—24.2
	3. Oktbr.	—18.5		8. »	—12.7		29. »	—35.1
				9. »	—18.1		30. »	—18.4
1893.	6. Juli	—19.3		10. »	—27.8		31. »	— 6.3
	7. »	—15.6		12. »	—25.3		2. Septbr.	—29.0
	19. »	—18.0		16. »	—37.4		4. »	—20.1
				17. »	—35.0		6. »	—30.5
1894.	11. Aug.	—36.5		23. »	—17.6		9. »	—24.0
	17. Oktbr.	—28.4		25. »	+11.4		16. »	—33.8
				9. Aug.	—21.4		20. »	—13.5
1895.	28. Mai	+10.9		13. »	—12.2		23. »	—10.7
	30. »	—11.3		14. »	—13.1		24. »	—27.8
	8. Juni	—14.9		16. »	— 1.9		25. »	— 7.2
	11. »	—14.9		17. »	—22.9			

Diese Resultate zeigen erhebliche Unterschiede in der Geschwindigkeit selbst an aufeinander folgenden Tagen. Deslandres ist dadurch zu der Annahme geführt worden, der Stern *α* im Adler zeigte eine periodisch veränderliche Bewegung innerhalb eines Zeitraumes von 43 Tagen. Prof. Vogel kann diesem Schlusse nicht zustimmen, vielmehr scheinen ihm die Abweichungen der einzelnen Geschwindigkeiten untereinander lediglich durch die geringe Genauigkeit der Messungen von Deslandres hervorgerufen zu sein. Er bemerkt: »Die drei grössten Werte für die Bewegung sind 1895 am 16. Juli, am 17. Juli und am 29. August beobachtet worden, und wahrscheinlich gab das die Veranlassung zur Annahme einer Hauptperiode von 43 Tagen. Ein ähnlich grosser Wert wie an diesen Tagen wäre bei einer gleichmässigen Periode in den ersten Tagen des Juni zu erwarten gewesen, der ist aber nicht vorhanden. Ebenso geht es mit den in die Zwischenzeiten fallenden geringsten Werten. Am 25. Juni, also um die halbe Periode zurück, ist ein solches Minimum zu finden, jedoch ist ein zweites (+ 11 *km*) schon am 25. Juli anstatt in den ersten Tagen des August beobachtet worden, der Wert vom 9. August ist = —21.4 *km*, ein Wert, der dem Mittel aus allen Beobachtungen nahe liegt, und am 19. September ist kein drittes Minimum vorhanden. Dass zwei Tage nach dem Maximum (— 35 *km*) am 29. August 1895 der Wert für die Bewegungskomponente auf — 6 *km* fällt, um am 2. September wieder auf —29 *km* anzusteigen, dass die Beobachtungen vom 23. Juli

[1]) Compt. rend. Vol. 121.

und 25. Juli um 29 *km*, die vom 16. August bis 17. August um 21 *km* verschieden sind, und die Beobachtungen an drei aufeinanderfolgenden Tagen (23., 24. und 25. September) Sprünge von 17 *km*, bez. 21 *km* machen, hätte Herrn Deslandres darauf führen müssen, dass die Genauigkeit der Beobachtungen wohl geringer sei, als von ihm vorausgesetzt und vielleicht nach der innern Übereinstimmung der Messungen an einer Platte abgeleitet worden war. Statt dessen suchte er die Beobachtungen durch die Annahme einer zweiten Periode von ungefähr fünf Tagen in Einklang zu bringen und nahm endlich, da dies auch nicht gelingen wollte, an, dass Amplitude und Periode veränderlich seien, und α Aquilae mindestens ein dreifacher Stern sei.

Ich glaube, dass meine Beobachtungen das Nutzlose der Bestrebung, eine periodische Schwankung der in den Visionsradius fallenden Bewegungskomponente bei α Aquilae abzuleiten, zur Genüge dargethan haben.«

Die von Deslandres vermuteten Schwankungen in der Geschwindigkeit des Sternes bestätigen sich also nicht.

Die Spektra von γ Cassiopejae und o Ceti. Während eines Zeitraumes von 8 Jahren hat P. Walter Sidgreaves 52 Photographien des Spektrums von γ Cassiopejae erhalten, darunter eine besonders vorzügliche am 7. März 1898, die dann als Hauptunterlage zu einer Karte dieses Spektrums und zur Bestimmung der Wellenlängen der Linien diente[1]). Man kann nach P. Walter Sidgreaves dieses Spektrum als ein solches mit hellen Linien oder als Absorptionsspektrum betrachten, jedenfalls aber sind die Linien und Banden desselben verwaschen und schwach. Dass darin Absorptionen vorkommen, ist kaum zweifelhaft, die Linie Hγ scheint offenbar der Überrest eines Absorptionsbandes, die Heliumlinien 4025 und 4471 und die Linie 5295 sind ebenfalls Absorptionslinien, während die Verhältnisse von Hδ an einem und der Magnesiumlinien am andern Ende des Spektrums zu Gunsten von hellen Linien sprechen. Ein Vergleich der Linien mit denjenigen im Spektrum von γ Orionis zeigt, dass dieselben mit Orionlinien zusammenfallen. Von den Absorptionslinien fallen neun mit Heliumlinien sehr nahe zusammen, dann sind helle Magnesiumlinien nachweisbar, vielleicht auch einige Linien mit solchen im Spektrum des Vanadiums. Die Wasserstofflinien deuten keinerlei Veränderungen während der achtjährigen Beobachtungsdauer an. Die Linie 4586 (Vanadium?) erscheint dagegen auf einigen Photographien scharf und einfach, auf andern breiter, wie doppelt, aber zu eng, um völlig getrennt zu sein. Das Spektrum von o Ceti wurde im Herbste 1898 auf sieben guten Photographien erhalten und zeigt keine Veränderungen.

---

[1]) Monthly Notices 1899. 59. No. 8. p. 505.

Untersuchungen über die Spektra von 528 Sternen[1]. Die photographischen Aufnahmen der Sternspektren bei geringer Dispersion und zu dem Zwecke, ein Urteil über die Zugehörigkeit eines Sternes zu einer der verschiedenen Spektralklassen zu gewinnen, werden beeinträchtigt durch den Umstand, dass die wichtigsten Merkmale der einzelnen Spektralklassen in den gelben und grünen Teilen des Spektrums liegen, die weniger gut photographisch reproduziert werden, während die Photographie sich hauptsächlich auf die violetten und ultravioletten Teile des Spektrums erstreckt, die für die Klassifizierung weniger wichtig sind. Nach den Untersuchungen von Scheiner ist nur ein geringer, oft kaum merklicher Unterschied zwischen den Spektren der II. und III. Klasse in dem von $H\gamma$ nach Violett sich erstreckenden Teile des Spektrums wahrzunehmen. Bei schwächerer Zerstreuung und unter Anwendung der gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten sind die Spektra dieser beiden Klassen nur dadurch unterschieden, dass die Linien bei Spektren der III. Klasse kräftiger und breiter erscheinen als bei solchen der II. Klasse, und dass die Abnahme der Lichtintensität des kontinuierlichen Spektrums nach der brechbarern Seite schon bei $H\gamma$ merklich zu werden beginnt. Nur bei besonders gut ausgeprägten Spektren der III. Klasse erkennt man noch zwischen F und G einseitig verwaschene Absorptionsstreifen, ähnlich den für die Spektra dieser Klasse charakteristischen Streifen im Gelb und Grün. Noch schwieriger wird die Scheidung auf spektrographischem Wege zwischen den Klassen IIIa und IIIb. Hier ist es nur die grössere oder geringere Ausdehnung des Spektrums nach Violett, welche einen Anhalt giebt.

Weit günstiger liegt die Sache bei den Spektren der I. Klasse, wie schon die Aufnahmen von Huggins Ende der siebziger Jahre zeigten, auf denen sich ein reiches, dem blossen Auge verborgenes Detail findet, und welche auch Unterschiede innerhalb dieser Klasse erkennen liessen, die auf dem verschiedenen Aussehen der beiden Linien H und K beruhen.

Da eine streng systematische Untersuchung der Spektra I. Klasse nach der bezeichneten Richtung noch nicht vorlag, so beschloss Prof. Vogel, eine solche in Potsdam auszuführen, und stellte Prof. Wilsing die Aufgabe, zu diesem Zwecke mit Hilfe eines kleinen, mit dem photographischen Refraktor des Observatoriums verbundenen Spektrographen möglichst vollkommene Aufnahmen der Spektra der hellern Sterne, welche nach dem Draper-Kataloge und nach von anderer Seite angestellten Beobachtungen zur I. Spektralklasse gehören, anzufertigen.

Nach Abschluss dieser Arbeit erschien die Untersuchung von Miss A. C. Maury über die Spektra heller Sterne, gemäss den Aufnahmen in Cambridge, in welcher auch eine Klassifikation der Sterne gegeben wird[2]. Dieselbe ist indessen nach wesentlich andern Ge-

[1] Publ. des Astrophys. Obs. zu Potsdam No. 39.
[2] Dieses Jahrbuch IX. p. 69.

sichtspunkten aufgestellt und macht die Arbeit in Potsdam durchaus nicht überflüssig. Diese letztere ist vielmehr um so wichtiger, als dadurch nicht nur die Teilung der Sterne der I. Spektralklasse in Unterabteilungen allein nach dem Aussehen der Calciumlinien, sondern auch noch nach einem andern Merkmale, den in den Spektrogrammen sehr leicht erkennbaren Linien des Clèveïtgases, möglich wurde. Eine Vergleichung der von Prof. Vogel im Spektrum von β Lyrae gemessenen Linien mit denen des Clèveïtgasspektrums, das kurz nach der Entdeckung des Clèveïtgases durch Ramsay von Runge sehr genau untersucht worden war, ergab nämlich eine überraschend gute Übereinstimmung jener Linien mit Spektrallinien dieses Gases, und an der Hand des von Prof. Wilsing gesammelten, damals schon reichen Materials war es Prof. Vogel möglich, nachzuweisen, dass die Zahl der Sterne, deren Atmosphären Clèveïtgas enthalten, eine über Erwarten grosse ist. Er hat diese Untersuchung der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 24. Oktober 1895 vorgelegt und ist auf Grund derselben zu der nachstehenden Klassifikation der Sterne der I. Spektralklasse gelangt, welche eine Erweiterung und schärfere Präzisierung der zu Anfang der siebziger Jahre von ihm gegebenen Klassifikation der Sterne nach ihren Spektren bildet.

Klasse I der Sternspektra. Kontinuierliche Spektra, deren brechbarere Teile, Blau und Violett, durch ihre Intensität besonders auffallen. Die Spektra sind durchsetzt von der ganzen Reihe der Wasserstofflinien, die als dunkle, breite, verwaschene, seltener scharf begrenzte und dann schmälere Absorptionslinien erscheinen und im allgemeinen die ausserdem in den Spektren sich zeigenden Linien anderer Metalle an Intensität erheblich übertreffen.

Ganz selten treten die Wasserstofflinien und die Linien anderer Stoffe nicht als Absorptionslinien auf, sondern erscheinen als helle Linien auf kontinuierlichem Spektralgrunde.

Ia.

1. Spektra, in denen nur die Wasserstofflinien als breite, stark entwickelte Linien erscheinen, andere Spektrallinien aber nicht zu erkennen sind.

2. Spektra, in denen neben den Wasserstofflinien noch Linien von andern Metallen, namentlich von Calcium, Magnesium und Natrium, jedoch keine Linien des Clèveïtgases auftreten. Die Calciumlinie λ 393.4 $\mu\mu$ erscheint in diesen Spektren scharf begrenzt; sie kommt den Linien des Wasserstoffs an Breite nicht gleich. Die Spektrallinien der andern Metalle sind nur zart und bei Anwendung geringer Zerstreuung schwer zu erkennen.

3. Spektra, in denen die Ca-Linie λ 393.4 $\mu\mu$ von nahe gleicher Intensität mit den Wasserstofflinien erscheint, in seltenen Fällen auch dann noch an den Rändern scharf begrenzt ist, oder breiter und intensiver als die Wasserstofflinien und stark verwaschen mit der durch die Ca-Linie λ 396.9 $\mu\mu$ verstärkten und verbreiterten

Wasserstofflinie Hε (λ 397.0 μμ) ein auffallendes Linienpaar bildet. In den Spektren dieser Abteilung sind die Linien des Clèveïtgases nicht zu erkennen; dagegen treten stets zahlreiche und kräftige Linien verschiedener Metalle, besonders auch Eisenlinien, auf; die Wasserstofflinien dominieren jedoch immer. Hδ tritt unter den Linien deutlich hervor, und die Liniengruppe G ist weniger auffallend als Hγ.

Diese Unterabteilung bildet den direkten Übergang zur Spektralklasse II, bei welcher die Wasserstofflinien gegen die Linien anderer Metalle keine hervorragende Rolle mehr spielen, die Calciumlinien H und K durch ihre ausserordentliche Breite und Verwaschenheit allein auffallen und die G-Gruppe im Vergleich zur Linie Hγ breit und stark erscheint.

Ib.

Spektra, in denen neben den stets dominierenden Wasserstofflinien die Linien des Clèveïtgases, vor allem die Linien von den Wellenlängen 396.5 μμ, 402.6 μμ, 447.2 μμ, 501.6 μμ und 587.6 μμ (D_3) erscheinen. (Die stärkste Linie im Violett λ 388.9 μμ fällt so nahe mit Hζ zusammen, dass sie nicht zur Erkennung des Clèveïtgases in Sternspektren geeignet erscheint.) Ausserdem treten in den Spektren dieser Abteilung mehr oder minder zahlreich die Linien der Spektra von Calcium, Magnesium, Natrium und Eisen auf.

Ic.

1. Spektra mit hellen Wasserstofflinien.

2. Spektra, in denen ausser den Wasserstofflinien noch die Linien des Clèveïtgases und Linien von Calcium, Magnesium und andern Metallen hell erscheinen.

Prof. Vogel hebt hervor, dass es nach dem heutigen Stande der Wissenschaft vielleicht besser wäre, die selten vorkommenden Sterne, in deren Spektren die Linien hell sind, an erste Stelle zu setzen (als auf der ersten Stufe der Entwickelung stehend); da aber eine definitive Entscheidung über diese Frage seines Erachtens noch nicht zu treffen ist, so hat er aus formalen Gründen die frühere Reihenfolge beibehalten und diese Sterne wieder in eine dritte Abteilung (Ic) vereinigt. — —

Was nun die Aufnahmen in Potsdam anbelangt, so begann die Arbeit Anfang 1894. Es war anfänglich beabsichtigt, nur bis zu Sternen der Grösse 4.5 zu gehen; der Beobachtungsplan wurde aber sehr bald erweitert, da sich herausstellte, dass die Lichtstärke des Instrumentes und des Spektrographen gross genug war, um ohne zu grossen Zeitaufwand auch von Sternen geringerer Helligkeit noch detailreiche Spektra zu erhalten. So sind nun im allgemeinen die Spektra derjenigen Sterne zwischen dem Pol und 5° südlicher Deklination zur Untersuchung gelangt, welche in dem Pickering'schen Kataloge die Bezeichnung A bis F und Q erhalten haben, und die nicht unter 5. Grösse waren. Südlicher als — 5° Deklination sind

nur wenige, meist helle Sterne und solche, die bei Pickering ein mit B bezeichnetes Spektrum haben, beobachtet worden.

Dass zwischen Pol und — 5° Deklination genau alle Sterne der angegebenen Grösse, deren Spektrum der I. Klasse angehört, beobachtet worden sind, ist, wie Prof. Vogel hervorhebt, nicht mit Bestimmtheit zu behaupten, da, wie gesagt, der Arbeitskatalog auf dem Pickering'schen Kataloge beruht; doch dürfte die Zahl der ausgelassenen Sterne nur eine geringe sein, und jedenfalls ist sie ohne erheblichen Einfluss auf die Zahlen, durch welche die Verteilung der Sterne in die verschiedenen Unterabteilungen der I. Klasse dargestellt wird. Ferner ist als untere Helligkeitsgrenze der beobachteten Sterne die 5. Grösse nicht streng innegehalten worden, indem eine allerdings nur geringe Anzahl von Sternen schwächer als 5. Grösse zur Beobachtung zugezogen wurde, und zwar meistens solche Sterne, deren Spektrum irgend welches besondere Interesse erwarten liess.

Von den meisten der Katalogsterne wurde, dem ursprünglichen Plane entsprechend, nur eine Aufnahme angefertigt, eine zweite nur dann, wenn die erste aus irgend einem Grunde nicht gelungen erschien; einige interessante Objekte wurden jedoch mehrfach aufgenommen. Nur von wenigen Sternen, in deren Spektren Veränderungen vermutet wurden oder thatsächlich vorhanden waren, ist eine grosse Anzahl von Aufnahmen hergestellt worden.

Aus Prof. Vogel's Untersuchung der Spektralaufnahmen der bezeichneten 528 Sterne ergiebt sich, dass die Sterne der Klasse Ib, von denen man früher nur wenige im Sternbilde des Orion kannte, über den ganzen Himmel verbreitet sind und ihre Verteilung der Sterndichtigkeit in den verschiedenen Teilen des Himmels einigermassen entspricht, dass aber eine auffallend starke Anhäufung in der Oriongegend zu finden ist. Von den nach der vorstehenden Untersuchung der I. Spektralklasse angehörenden Sternen entfällt etwa der vierte Teil auf die Unterabteilung Ib.

Doppelspektra haben nach der Potsdamer Untersuchung die Sterne:

28 Tauri (Plejone)	Spektrum	Ia	und	Ic1.
β Lyrae	»	Ib	»	Ic2.
P Cygni	»	Ib	»	Ic2.
70 Cygni	»	Ib	»	Ic1.

Der einzige Stern, dessen Spektrum als zur Klasse Ic gehörig bestimmt worden, ist γ Cassiopejae.

Das Spektrum des Veränderlichen o Ceti ist von W. W. Campbell auf der Lick-Sternwarte untersucht worden[1]) mittels eines Spektrographen, der ausschliesslich den Teil des Spektrums in der Region der Linie Hγ aufnimmt. Die Spektrogramme zeigen eine Menge Detail zwischen den Linien der Wellenlängen 4270 und 4440.

[1]) Astrophys. Journal 1899. 1. p. 31.

Seinen dunkeln Linien nach gehört das Spektrum zum Typus III von Secchi, daneben sind in demselben die hellen Linien Hγ, Hδ, Hζ und Hη u. s. w. sichtbar. Aus den Messungen der Lage von dunkeln Linien auf sieben Platten aus der Zeit vom 10. November bis 15. Dezember 1897 und 29. August bis 29. November 1898 ergab sich im Mittel eine Eigenbewegung des Sternes in der Gesichtslinie von + 62.3 *km* (Maximum 63.8, Minimum 60.5 *km*), die unveränderlich ist. Das helle Hγ-Band ist sehr leuchtend, es bedarf nur der Exponierung von 2^m, während die dunkeln Linien erst bei 60^m Expositionsdauer deutlich vorhanden sind. Gegen die dunkeln Linien zeigt nun das helle Band Hγ eine ganz unverkennbar deutliche Verschiebung gegen das violette Ende des Spektrums. Ferner fand Campbell, dass die Grösse der scheinbaren Verschiebung von der Dauer der Exposition abhängt; die Begrenzung gegen Rot fällt stufenweise ab, während die Grenze gegen Violett schärfer hervortritt, so dass mit zunehmender Dauer der Exponierung die scheinbare Mitte des Bandes sich gegen Rot verschiebt. Die am 15. Dezember 1887 und 29. November 1898 (als der Stern schon schwächer war) erhaltenen geringen Geschwindigkeiten für die Eigenbewegung sind nach Campbell zum Teil der oben angegebenen Ursache zuzuschreiben, zum Teil aber reell. Die erste kurzzeitige Exponierung vom 28. August 1898 zeigte, dass das Hγ-Band aus drei hellen Linien besteht, von denen die mittlere die hellste und die gegen Rot hin liegende die schwächste ist; keine derselben scheint wirklich einfarbig zu sein. Die Wellenlängen der drei hellen Linien dieses Hγ-Bandes wurden gemessen und auf das System der dunkeln Linien reduziert unter Annahme einer Eigengeschwindigkeit der letztern von + 62.3 *km* in der Sekunde. Auf diese Weise ergaben sich für die drei Linien mittlere Geschwindigkeiten von + 35, + 60 und + 82 *km*. Campbell glaubt, dass die Verschiebung dieser Linien möglicherweise dem Drucke oder andern Verhältnissen auf dem Sterne zuzuschreiben sind. Da es behufs Vergleiches wünschenswert erschien, auch das helle Hδ-Band in Bezug auf etwaige Verschiebung zu untersuchen, so wurden im September 1898 zwei photographische Aufnahmen desselben gemacht. Sie zeigen, dass dieses Band auch aus drei Linien besteht, von denen die mittlere die hellste, die beiden andern aber gleich hell sind. Es wurde sogleich erkennbar, dass die zentrale Linie mehr gegen Violett verschoben war als die Hauptlinie von Hγ, im Mittel ergaben sich für diese drei Linien Geschwindigkeiten von + 23, + 48, + 80 *km*. Photographische Aufnahmen im November 1898 zeigten, dass das Hγ-Band seine Position merklich geändert hatte, auch schien es aus einzelnen, nicht monochromatischen Linien zu bestehen, jede vielleicht mit einem schwachen Begleiter an der gegen Rot liegenden Seite. Die Wellenlänge fand sich im Mittel aus sechs Platten λ 4340.37, entsprechend einer Verschiebung von + 44.4 *km*. Für das Hδ-Band ergab eine Platte $\lambda = 4101.68$, oder + 47 *km*. Als das kontinuierliche Spektrum schwächer ward,

wurden verschiedene neue helle Linien sichtbar. Eine derselben, vielleicht die Eisenlinie mit der normalen Wellenlänge λ 4376.107, deutete durch Verschiebung eine Geschwindigkeit von + 44 *km* an.

Die Geschwindigkeiten mehrerer Sterne in der Gesichtslinie zur Erde sind von W. W. Campbell auf der Lick-Sternwarte am 36 zölligen Refraktor mittels eines von O. Mills gestifteten grossen Spektrographen mit beträchtlicher Schärfe bestimmt worden[1]. Bis jetzt sind bereits mehrere hundert Platten mit Sternspektren erhalten worden, von denen etwa 150 vermessen wurden. Prof. Campbell teilt von elf Sternen, für welche mindestens je vier Platten vermessen wurden, die erhaltenen Resultate mit. Dieselben sind nachstehend wiedergegeben, und es bedeutet das Zeichen — dass der Stern sich der Erde nähert, + dass er sich von ihr entfernt. Die Zahlen bezeichnen die Geschwindigkeit in Kilometern pro Sekunde. α Cassiopejae: — 4.3 (Vogel fand — 14.9, Scheiner — 15.6); β Andromedae: + 0.3 (Vogel: + 9.0, Scheiner: + 13.3); α Ursae minoris: — 19.6 (Vogel: — 25.5, Scheiner: — 26.2); γ Andromedae: — 11.2 (Vogel: — 8.0, Scheiner: — 17.8); α Arietis: — 14.1 (Vogel: — 14.5, Scheiner: — 14.9); α Persei: — 2.4 (Vogel: — 10.8, Scheiner: — 9.8); α Tauri: + 54.8 (Vogel: + 47.6, Scheiner: + 49.4, Keeler: + 55.2); α Canis minoris: — 4 8 (Vogel: — 7.9, Scheiner: — 10.5, Newall: — 4.9); α Ursae majoris. — 9.8 (Vogel: — 10.3, Scheiner: — 12.7); γ Draconis: — 27.4; ε Pegasi: + 5.7 (Vogel: + 7,3, Scheiner: + 8.6, Lord: + 9.9).

Bei mehrern Sternen wurden unerwartet grosse Geschwindigkeiten in der Richtung zur Erde hin gefunden, so bei η Cephei, für den Campbell und Wright im Mittel aus fünf Aufnahmen — 86.8 *km* fanden. Das von Belopolski für den Hauptstern von ζ Herculis gefundene Ergebnis wurde mit — 70.3 *km* pro Sekunde bestätigt. Für den planetarischen Nebel GK No. 4373 hat früher Keeler — 64.7 *km* gefunden. Diese Zahlen vermindern sich etwas, wenn man die Eigenbewegung der Sonne durch den Weltraum in Betracht zieht. Unter der Voraussetzung, dass diese nach einem Punkte des Himmels in 267° Rektaszension und 36° nördl. Deklination gerichtet ist und 17 *km* in der Sekunde beträgt, ergeben sich für die zuletzt genannten drei Objekte folgende Geschwindigkeiten in der geraden Richtung gegen die Erde hin: η Cephei: 47.1, ζ Herculis — 53.4, Nebel GK No. 4373 — 50.9 *km* pro Sekunde.

Endlich hat Prof. Campbell gefunden, dass der Stern η Pegasi eine merklich veränderliche Geschwindigkeit in der Gesichtslinie zur Erde besitzt. Seine Messungen ergaben nämlich folgende Resultate:

27. August	1896	+ 7.1 *km*	29. August	1898	+ 16.5 *km*
23. September	1896	+ 5.1 »	30. »	1898	+ 15.6 »
8. Juli	1897	— 6.5 »	4. September	1898	+ 16.5 »
28. September	1897	— 2 2 »			

[1] Astrophys. Journal 8. No. 3.

Die grössten beobachteten Unterschiede betragen 23 *km*. Die Periode der Veränderlichkeit ist offenbar lang und beträgt möglicherweise etwa zwei Jahre.

Die Bewegung von ζ Geminorum in der Gesichtslinie zur Erde. Veranlasst durch eine Veröffentlichung von Campbell über die veränderliche Geschwindigkeit von ζ Geminorum in der Gesichtslinie, bemerkt A. Belopolsky[1]), dass die Beobachtungen in Pulkowo dasselbe Ergebnis schon zu Anfang 1898 geliefert haben. »Im ganzen«, sagt er, »besitzen wir nur wenige Beobachtungen des Sternes, so dass wir bis jetzt noch keine genügend genaue Geschwindigkeitskurve haben konstruieren können. Es ist aber kaum zu zweifeln, dass auch bei diesem Sterne, ähnlich wie bei δ Cephei und η Aquilae (alle diese Sterne gehören zu derselben Spektralklasse II), die Epochen, in welchen die Geschwindigkeit derselben in der Gesichtslinie zur Erde gleich Null ist, später als die Epochen des Lichtminimums auftreten.« In Pulkowo sind am 30-Zöller mittels des Spektrographen zwischen dem 31. Dezember 1897 und 28. März 1899 15 Aufnahmen gemacht worden, welche genaue Werte für die jeweilige Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie zur Erde lieferten. Ordnet man diese nach der Zeit, die seit dem letzten Lichtminimum verflossen war, so erhält man folgende Zusammenstellung, in welcher t die Zeit in Tagen und Stunden seit dem letzten Lichtminimum des Sternes und g die Geschwindigkeit desselben in geographischen Meilen pro Sekunde bedeutet:

t		g			t		g		
0d	2h	+4.76	geogr.	Meilen	5d	1h	—2.70	geogr.	Meilen
1	12	+2.86	»	»	6	19	+1.96	»	»
1	12	+0.71	»	»	8	1	+3.00	»	»
2	1	+0.68	»	»	8	5	+3.02	»	»
3	1	+0.04	»	»	9	6	+5.06	»	»
3	12	+0.50	»	»	9	15	+4.41	»	»
4	1	—0.40	»	»	10	2	+4.11	»	»
4	13	+0.34	»	»					

Vergleicht man diese Geschwindigkeiten mit der von Argelander gegebenen Lichtkurve des Sternes, so findet man, dass die grössten Geschwindigkeiten nahe (etwas vor) dem kleinsten Lichte beobachtet wurden, die geringsten etwa einen Tag vor dem Lichtmaximum, so dass also der Lichtwechsel nicht ohne weiteres durch periodische Verdeckung des hellen Sternes von einem dunklen erklärbar ist.

Die Bewegung von δ Ursae in der Gesichtslinie zur Erde ist von A. Belopolsky untersucht worden[2]). Die Beobachtungen geschahen an sechs Tagen 1894 und 1896 durch spektrographische Aufnahmen am 30-Zöller der Sternwarte zu Pulkowo. Die Aus-

[1]) Astron. Nachr. No. 3565.
[2]) Astron. Nachr. No. 354.

messungen der Aufnahmen ergaben für die relative Geschwindigkeit des Sternes in der Linie zur Sonne pro Sekunde:

24. März	1894	+ 2.94	geogr. Meilen
27. »	1894	+ 0.13	» »
24. Februar	1896	+ 1.56	» »
25. »	1896	+ 0.25	» »
26. »	1896	+ 1.00	» »
1. April	1896	+ 2.62	» »

Da es sich um einen Stern des II. Spektraltypus handelt, deren Spektra sich gut messen lassen, so sind die gefundenen Unterschiede in den Geschwindigkeiten, die bis auf 2.88 geogr. Meilen steigen, schwerlich Fehlern zuzuschreiben; Belopolsky glaubt vielmehr, dass der Stern eine veränderliche Geschwindigkeit besitzt, deren Periode 5—7 Tage beträgt, er also ein spektroskopischer Doppelstern ist.

Veränderliche Geschwindigkeit von η Pegasi in der Gesichtslinie zur Erde. Prof. W. W. Campbell teilt die Messungen mit, welche er an Photographien des Spektrums dieses Sternes, die seit 1896 auf der Lick-Sternwarte aufgenommen wurden, erhalten hat[1]). Aus diesen Messungen ergiebt sich, dass dieser Stern in der Gesichtslinie zur Erde folgende Geschwindigkeiten hatte:

27. August	1896	+ 7.1 *km*	29. August	1898	+ 16.5 *km*
23. September	1896	+ 5.1 »	30. »	1898	+ 15.6 »
8. Juli	1897	— 6.4 »	4. September	1898	+ 16.5 »
28. September	1897	— 2.2 »			

Hiernach scheint es, dass die Periode dieser Veränderungen vielleicht ein paar Jahre beträgt. Seitdem hat H. A. Belopolsky die Resultate veröffentlicht, welche in Pulkowo über die Bewegung von η Pegasi in der Gesichtslinie erhalten wurden, nämlich:

27. August	1897	— 4.9 *km*	25. August	1898	+ 16.9 *km*
8. September	1897	— 4.7 »	17. September	1898	+ 16.7 »

Die Ergebnisse an beiden Sternwarten stimmen demnach sehr gut überein, so dass an der Veränderlichkeit der genannten Bewegung nicht zu zweifeln ist, und η Pegasi also den spektroskopischen Doppelsternen zugezählt werden darf.

Die Eigenbewegung von τ Virginis. Schon vor einigen Jahren[2]) hat Dr. Fritz Cohn auf Schwankungen in der Deklination dieses Fundamentalsternes hingewiesen und die Wahrscheinlichkeit einer Veränderlichkeit seiner Eigenbewegung darzulegen versucht. Weitere Untersuchungen haben ihn jetzt[3]) zu der Überzeugung geführt, dass diese Schwankungen thatsächlich stattfinden und auf eine Periode von 60 bis 75 Jahren deuten. Eine Entscheidung über die Dauer der Periode wird schon in fünf, sicher in zehn Jahren möglich sein.

---

[1]) Astrophys. Journal 8. p. 159. vergl. p. 108.
[2]) Astron. Nachr. No. 3341.
[3]) A. a. O. No. 3580.

Neue spektroskopische Doppelsterne. W. W. Campbell machte Mitteilungen über drei Sterne mit spektroskopisch veränderlicher Eigenbewegung, die also Doppelsterne sind, welche im Fernrohre nicht getrennt werden können[1]. Der eine von diesen Sternen ist η Pegasi, über den an dieser Stelle schon berichtet wurde. Campbell hat ihn bis zum 23. Januar d. J. noch beobachtet und giebt im Anschluss an die bereits mitgeteilten, folgende Werte für die Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie zur Erde:

15. Sept. 1898 . . .	+ 15.7 *km*	26. Okt. 1898 . . .	+ 10.8 *km*
18. Okt. 1898 . . .	+ 11.0 »	28. Nov. 1898 . . .	+ 6.1 »
24. » 1898 . . .	+ 11.5 »	23. Jan. 1899 . . .	— 1.6 »

Die Periode umfasst nach Campbell vielleicht $2^1/_4$ Jahre, es bedarf also einer Beobachtungsreihe von mehrern Jahren, um diese Periode genau zu bestimmen.

o Leonis (Rektaszension $9^h\ 36^m$, Deklination $+ 10^0\ 21'$). Es sind etwa 20 Platten des Spektrums dieses Sternes erhalten worden. Dieselben zeigen, dass die Geschwindigkeit zwischen + 82 und — 30 *km* in der Sekunde variiert und auf eine Periode von $14^1/_2$ Tagen deutet. Ferner ist es wahrscheinlich, dass das Spektrum aus zwei oder mehrern übereinander projizierten Spektren besteht.

χ Draconis (Rektaszension $18^h\ 23^m$, Deklination $+ 72^0\ 42'$). Es wurden bis jetzt 14 Aufnahmen des Spektrums erhalten und untersucht. Dieselben ergaben folgende Geschwindigkeiten:

25. Juli 1898 . . .	+ 45.6 *km*	5. Nov. 1898 . . .	+ 11 3 *km*
5. Sept. 1898 . . .	+ 46.0 »	12. » 1898 . . .	+ 10.7 »
19. » 1898 . . .	+ 42.6 »	18. » 1898 . . .	+ 10.6 »
24. Okt. 1898 . . .	+ 14 »	3. Dec. 1898 . . .	+ 15 »
25. » 1898 . . .	+ 16 »	7. » 1898 . . .	+ 18.3 »
26. » 1898 . . .	+ 14.5 »	16. » 1898 . . .	+ 21.0 »
1. Nov. 1898 . . .	+ 11.9 »	17. » 1898 . . .	+ 20.0 »

Hiernach scheint es, als wenn die Periode etwa sechs Monate beträgt.

Ein Verzeichnis von 132 neuen Doppelsternen, die am $18^1/_2$ zolligen Refraktor zu Chicago 1894 bis 1897 entdeckt wurden, hat Prof. H. W. Hough veröffentlicht[2]. Dieses ist das vierte Verzeichnis und bringt die Anzahl der dort neu gefundenen Doppelsterne auf 622. Darunter befinden sich 77 Paare mit Distanzen von 0″ bis 0.5″, 66 Paare mit solchen von 0.5″ bis 1.0″.

Die Doppelsterne des südlichen Himmels sind von Dr. See am 24 zolligen Lowell-Refraktor untersucht worden[3]. Derselbe hat in den Jahren 1896 bis 1897 mehr als 100000 südliche Sterne in dem Streifen zwischen — 20° und — 45° und einem Teil der Zone

---

[1]) Publ. Astr. Soc. of the Pacific 1897. 11. p. 54.
[2]) Astron. Nachr. No. 3557—58.
[3]) Astronomical Journal No. 431. 432.

zwischen — 45° und — 60° Deklination geprüft und eine grosse Zahl neuer Doppelsterne entdeckt. Darunter befinden sich 76 bis zu 0.5″ Distanz, 46 von 0.5″ bis 1.0″, 40 zwischen 1.0″ und 2.0″ und 338 über 2″ Distanz.

Eine neue Berechnung der Bahn des Siriusbegleiters hat H. J. Zwiers geliefert[1]) wobei er die Beobachtungen auf M. Hamilton 1898 und 1899 benutzen konnte. Wegen der grossen persönlichen Fehler in den Distanzmessungen beruht die Bahnverbesserung ausschliesslich auf gemessenen Positionswinkeln des Begleiters. Die erhaltenen Bahnelemente sind folgende:

T = 1894.09	i = 46° 1.9′
M = — 7° 37069	Ω = 44° 30.2′ (1900.0)
P = 48.8421 Jahre	$\pi - \Omega$ = 212° 6.8′
e = 0.5875	

Beim Vergleiche dieser Bahnelemente mit den Auwers'schen muss für letztere der Einfluss der Präzession berücksichtigt werden. Dadurch erhält man M = — 7.2877° und P = 49.360 Jahre.

Die Bahn des Procyon ist in neuerer Zeit von Dr. See berechnet worden, der dafür eine Ellipse mit starker Exzentrizität fand, und die auch den Positionswinkel des aufgefundenen Begleiters annähernd wiedergiebt. Prof. Auwers hat indessen gefunden, dass durch diese Bahn die nunmehr für einen Zeitraum von 148 Jahren vorliegenden Meridianbeobachtungen des Procyon und auch die von O. Struve 1851 bis 1890 ausgeführten, sehr genauen Deklinationsanschlüsse nicht dargestellt werden. Indem Auwers zu einer neuen Berechnung die Meridianbeobachtungen für Rektaszension und die Struve'schen Beobachtungen für Deklination benutzte, fand er als Bahn des Procyon eine Ellipse von mässiger Exzentrizität (0.2), wodurch aber die Beobachtungen des Begleiters nicht dargestellt werden, so dass das Ergebnis wieder als zweifelhaft betrachtet werden muss. Nach Ansicht von Prof. Auwers werden erst weitere Beobachtungen die Verhältnisse in diesem Doppelsternsystem klarstellen können[2]).

Die Bahn von η Aquilae. Dieser Veränderliche zeigt wie β in der Leyer in jeder Periode des Lichtwechsels zwei Maxima der Helligkeit, die durch ein sekundäres Minimum unterbrochen sind, allein das zweite Maximum ist bei weitem nicht so deutlich als bei β in der Leyer. Diese beiden Veränderlichen haben auch weisses Licht, und da die Ursache des Lichtwechsels von β in der Leyer in der gegenseitigen Verdeckung mehrerer um einander laufender Sterne erkannt worden ist, so liegt es nahe, bei η im Adler an die gleiche Ursache zu denken. Der Beweis hierfür lässt sich nur spektroskopisch führen durch den Nachweis einer periodischen Bahn-

---

1) Astron. Nachr. No. 3588.
2) Sitzungsber. d. Preuss. Akad. d. Wissens. 1898. 54. p. 854.

bewegung des Sterns von der nämlichen Zeitdauer, welche die Periode des Lichtwechsels besitzt. Diesen Nachweis lieferte 1895 Dr. A. Belopolsky, indem er aus der Verschiebung der Linien im Spektrum von η im Adler eine veränderliche Geschwindigkeit dieses Sternes in der Gesichtslinie zur Erde erkannte, die eine Umlaufsbewegung in der nämlichen Zeit zeigt, in welcher der Stern einmal seinen Lichtwechsel vollendet. Solche spektrophotographischen Aufnahmen sind im Sommer 1898 auf der Lick-Sternwarte von Campbell und Wright am 36 zölligen Refraktor wiederholt worden[1]). Das Spektrum von η im Adler zeigt einige Ähnlichkeit mit demjenigen des Veränderlichen δ im Cepheus, doch sind in letzterem die Linien schärfer; im allgemeinen nimmt es eine Mittelstellung zwischen dem Spektrum des I. und II. Typus ein. Die Linien sind meist etwas breit und verwaschen und daher für genaue Messungen nicht sehr geeignet, doch ist durch Zuhilfenahme von ziemlich vielen (im ganzen 32) Linien die Genauigkeit des Endresultates der Messungen merklich erhöht. Im ganzen sind 28 Spektrogramme erhalten und untersucht worden, von denen aber eins, welches sehr abweichende Werte ergab, ohne dass die Ursache des Fehlers zu ermitteln war, ausgeschlossen wurde. Durch diese Aufnahmen wird die Geschwindigkeit des Sterns in der Gesichtslinie zur Erde hin und werden ebenso viele Punkte seiner Lichtkurve bestimmt und daraus kann die wahre Bahn, welche der sichtbare Stern gleichzeitig mit einem uns unsichtbaren Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt beider beschreibt, berechnet werden. Diese Rechnungen hat W. H. Wright ausgeführt und findet, dass der Stern η innerhalb der Zeit von 7.176 Tagen, welche der Periode seines Lichtwechsels entspricht, eine Ellipse beschreibt, deren Exzentrizität 0.489 beträgt. Der mittlere Abstand vom Schwerpunkte beträgt mindestens 1.545000 *km*, und die Geschwindigkeit, mit der sich das ganze System in der Gesichtslinie zur Erde bewegt, ist -14.16 *km* in der Sekunde. Die beobachteten grössten Geschwindigkeiten betragen -30.6 und $+11.4$ *km* in der Sekunde. Das Periastrum liegt 68.91^0 vom aufsteigenden Knoten, und der Stern erreicht es 6.210^d nach dem Hauptmaximum; 3.2^d und 6.4^d nach dem Hauptmaximum steht η in denjenigen Teilen seiner Bahn, in welchen die Bahngeschwindigkeit in der Richtung gegen die Erde gleich Null ist, in denen der Stern sich also senkrecht zur Gesichtslinie zur Erde bewegt. Die Zeitpunkte, in denen die beiden Sterne des Systemes einander für den Anblick von der Erde decken müssen, treten ein 3.7^d und 6.3^d nach dem Hauptmaximum. Zu diesen Zeitpunkten sollte also der Veränderliche sein schwächstes Licht zeigen, falls die Lichtänderungen lediglich durch Verdeckung der beiden Sterne entständen. Dies findet aber nicht statt, denn nach den obigen Angaben ist der Stern in seinem schwächsten Lichte 1.7^d und 4.9^d nach dem Hauptmaximum. Sonach muss man schliessen,

[1]) Astrophys. Journal 1899. 9. No. 2. p. 59.

dass der Lichtwechsel keineswegs einfach durch gegenseitige Verdeckung zweier Sterne entsteht, sondern dass andere Umstände hier wirken oder mitwirken. Über diese kann man mehrere Hypothesen aufstellen, am besten ist es aber, weitere Untersuchungen abzuwarten und die Frage bis dahin offen zu lassen.

Die Parallaxe eines Sterns in der Nähe von 61 Cygni. Die Untersuchungen von Prof. Wilsing über die Parallaxe von 61 Cygni haben das Resultat ergeben, dass die beiden Komponenten dieses Doppelsterns nicht genau die gleiche Eigenbewegung besitzen, sondern in ihrer gegenseitigen Lage sich kleine Schwankungen im Verlaufe von etwa 20 Monaten zeigen. Prof. Schur hat deshalb im Herbste 1897 am Göttinger Heliometer eine neue Bestimmung der Parallaxe von 61 Cygni begonnen, wobei jede der beiden Komponeten dieses Doppelsterns für sich an vier Vergleichssterne angeschlossen wurde. Diese Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen, indessen hat sich dabei das sehr überraschende Resultat ergeben, dass einer der Vergleichssterne selbst eine Parallaxe haben muss, die nahe so gross ist als die Parallaxe von 61 Cygni selbst. Dieser Stern ist 7.8 Grösse, und sein Ort am Himmel (für 1900) $\alpha = 20^h 55^m 20^s$ $\delta + 37^0 32.5'$; seine Parallaxe möchte nahezu 0.6″ betragen. Um diese Frage zu entscheiden, wird Prof. Schur speziell Untersuchungen über diesen Stern anstellen[1]).

Die Parallaxe der Sterne Σ 1516 A und AOe 11677 sind von Östen Bergstrand durch Messungen auf einer Anzahl photographischer Clichés untersucht worden[2]). Für den erstgenannten Stern, den Hauptstern des optischen Doppelpaares Σ 1516 haben Winnecke[3]) und Berberich[4]) provisorisch eine Parallaxe von 0.2″ bis 0.3″ gefunden. L. de Ball[5]) fand dieselbe zu 0.104″. Bergstrand bestimmte sie nun aus 14 Clichés zu 0.080″ ± 0.011″.

Der Stern AOe 11677 ist bemerkenswert durch seine starke Eigenbewegung, und Geelmuyden hat bei ihm eine Parallaxe von 0.4″ gefunden[6]) während Franz aus Heliometermessungen diese Parallaxe zu 0.1002″ bestimmte[7]). Das von Bergstrand aus Messungen an neun photographischen Clichés abgeleitete Resultat ist $\pi = 0.192'' \pm 0.013''$.

Versuche zur Ermittelung der Wärmestrahlung einiger Fixsterne. Vor fast 30 Jahren hat W. Huggins[8]) und etwas

[1]) Astron. Nachr. No. 3590.
[2]) Astron. Nachr. No. 3593.
[3]) Vierteljahrsschrift d. Astron. Gesellschaft 14. Jahrg. 1879. p. 167.
[4]) Astron. Nachr. (1885) No. 2624.
[5]) Mém. Acad. royale de Belgique 1887. t 49.
[6]) Astron. Nachr. No. 2287. 2666.
[7]) Astron. Beobachtungen d. Sternwarte Königsberg 38 (1891).
[8]) Proceed. Royal Society 1869 17. p. 309.

später Stone[1]) Untersuchungen über die Wärmestrahlung einiger der hellsten Sterne angestellt und relativ sehr merkliche Werte erhalten. Stone fand u. a., dass die Wärmestrahlung des Arktur bei einer Höhe des Sterns von 25° über dem Horizont derjenigen gleich ist, welche ein mit siedendem Wasser gefüllter Leslie'scher Würfel von 3 Zoll Seitenlänge in 400 Yards Entfernung hervorbringt. Die Wärmestrahlung der Wega fand sich zu $^4/_9$ von derjenigen des Arktur. Die von beiden Beobachtern erhaltenen Werte für die Wärmestrahlung gewisser Fixsterne sind jedoch später als nicht einwandfrei betrachtet worden. Im Jahre 1890 teilte Prof. C. V. Boys die Ergebnisse seiner bezüglichen Versuche mittels eines 16 zölligen Reflektors und eines überaus empfindlichen Radiomikrometers mit[2]). Dieser Apparat war sehr viel empfindlicher als die Vorrichtungen, deren sich Huggins und Stone bedienten, und mittels desselben konnte die Wärmestrahlung einer Kerze aus einer Entfernung von 1.71 engl. Meilen erkannt werden. Indessen zeigte er keine Spur von Wärmestrahlung bei Wega, Capella oder Arktur. In jüngster Zeit hat Prof. E. F. Nichols das Radiometer vervollkommnet und zur Messung von Wärmestrahlungen geschickt gemacht, so dass dieser Apparat für gewisse Zwecke dem Radiomikrometer und dem Bolometer erheblich überlegen ist. Einer Einladung Prof. Hales folgend, hat Prof. Nichols 1898 mittels seines Apparates auf der Yerkes-Sternwarte Versuche zur Ermittelung der Sternwärme angestellt[3]). Der Apparat besitzt eine so grosse Empfindlichkeit, dass durch die Wärme einer Kerze, die sich in 15 engl. Meilen Entfernung befindet, ein Ausschlag von 0.1 *mm* hervorgerufen wird, der deutlich erkennbar ist. Im allgemeinen ist Prof. Nichols' Radiometer fünffach empfindsamer als Boys' Radiomikrometer. In der ersten Hälfte des August wurden an sieben Abenden Untersuchungen über die Wärmestrahlung des Arktur angestellt. Jede Bestimmung beruhte auf 21 bis 47 Ablenkungen und der wahrscheinliche Fehler der entsprechenden Mittelwerte liegt zwischen 0.08 *mm* und 0.17 *mm*. Wega wurde ebenfalls an sieben Abenden beobachtet und gab im Mittel eine Ablenkung von 0.27 *mm*. Das Verhältnis der Wärmestrahlung von Arktur zu Wega fand sich in fünf Nächten = 2.1, 2.0, 3.0, 2.3, 1.0, im Durchschnitt = 2.1, ohne Berücksichtigung der atmosphärischen Absorption. Diese Ergebnisse verdienen Vertrauen, wenngleich auf die Zahlenwerte als solche nicht allzu viel Gewicht zu legen ist. Jedenfalls zeigen sie aber, dass Arktur uns nicht mehr Wärme zusendet, als eine Kerze aus 5 bis 6 engl. Meilen Entfernung, ohne die atmosphärische Absorption zu berücksichtigen.

---

1) a. a. O. 1870 18. p. 159.
2) a. a. O. 1890 47. p. 480.
3) Astrophysical Journal 1899. 9. p. 360.

Sternhaufen und Nebelflecke.

Die scheinbare Helligkeit von Nebelflecken und Sternhaufen ist von Dr. J. Holetschek studiert worden. Derselbe hat sich darüber in der Astronomen-Versammlung zu Budapest des Nähern verbreitet.

»Bei den Sternhaufen,« sagt er, »kann sich noch mehr als bei den Kometen und Nebelflecken der Umstand bemerkbar machen, dass der Helligkeitseindruck oder die Wahrnehmbarkeit nicht allein von der Helligkeit und Anzahl, sondern auch von den wechselseitigen Distanzen der einzelnen Komponenten, also auch von den Dimensionen des ganzen Objektes abhängt, und daher ist bei vielen dieser Objekte das Verfahren, den Grad der Wahrnehmbarkeit dadurch zu bestimmen, dass man das Objekt mit dem schwächsten optischen Instrumente, in dem es noch sichtbar ist, eventuell auch mit blossen Augen betrachtet und von den benachbarten Sternen diejenigen angiebt, welche so leicht oder so schwer wie das ganze Objekt gesehen werden können, ganz besonders am Platze.

Trotzdem lässt aber auch dieses Verfahren noch manche Unsicherheiten, ja sogar Unbestimmtheiten bestehen.

Besitzt der Sternhaufen einen hellern Stern, um den die andern hinreichend dicht gelagert sind, so lässt sich der Helligkeitseindruck auch bei grösserer Ausdehnung des ganzen Objektes in relativ enge Grenzen einschliessen. So finde ich die Plejadengruppe, die dem kurzsichtigen Auge als stark granulierte Nebelmasse ohne einen bestimmt erkennbaren Stern erscheint, bezüglich ihrer Wahrnehmbarkeit nahe an $1^1/_2$ Grösse, nämlich entschieden auffallender als die Sterne 2. Grösse, aber weniger als die 1. Grösse, wozu bemerkt werden soll, dass der Rechnung zufolge die sechs hellsten Plejadensterne vereinigt einen Stern von der Grösse 2.1 geben würden, eine Grössenklasse, die durch Hinzurechnung der schwächern Sterne nicht mehr wesentlich erhöht wird, indem z. B. die 69 von Elkin beobachteten, bis 9.2 Grösse reichenden Plejadensterne einen Stern 1.8 Grösse geben würden.

Weniger sicher wird die Ermittelung der Wahrnehmbarkeit, wenn sich an keiner Stelle des Sternhaufens ein entschiedenes Übergewicht zeigt, und die gleich hellen Sterne ziemlich gleichmässig verteilt sind, so bei der 1° im Durchmesser haltenden Krippe im Krebs, für die ich aus Beobachtungen ihres Sichtbar- oder Unsichtbarwerdens in der Dämmerung $3^1/_2$—4. Grösse gefunden habe, während Houzeau 4.5 Grösse angegeben hat. Der Rechnung zufolge würden die Praesepe-Sterne vereinigt einen Stern gut 4. Grösse geben, nämlich die in der Abhandlung von Schur enthaltenen 45 Sterne 3.8 oder 3.9 Grösse; den letztern Wert liefern zufällig auch die von Hall beobachteten 151 Sterne, die zwar viel zahlreicher, aber gegen die Bonner Durchmusterung wesentlich schwächer geschätzt sind. Ständen die Sterne der Plejadengruppe wesentlich weiter auseinander, so würden die hellern auch von kurzsichtigern Augen einzeln gesehen werden; ständen die Sterne der Praesepe wesentlich weiter auseinander, so würden wir, da selbst die hellsten nicht viel höher als 7. Grösse sind, mit blossen Augen von der ganzen Gruppe gar nichts sehen. Diesen Verhältnissen analoge kommen unter den Sternen thatsächlich vor, nämlich bei den zerstreuten Sternhaufen, die wir bei Herschel in der VIII. und zum Teil auch schon in der VII. Klasse finden. Hier können die Sterne bei Betrachtung mit immer schwächern optischen Mitteln einzeln unsichtbar werden, bevor sie noch zur Ermittelung ihres Gesamthelligkeitseindruckes vereinigt werden konnten. Stehen aber auch nur zwei oder drei der hellern Sterne einander hinreichend nahe, so können sie in ihrer Vereinigung als Objekt erscheinen, dessen Wahrnehmbarkeit nahe so gross ist wie die Summe der Helligkeiten

der einzelnen Sterne. So ist im Monoceros bei $\alpha = 94.4^{\circ}$, $\delta = +11.3^{\circ}$ eine Gruppe von vier oder, wenn man einen noch weiter abstehenden hinzurechnet, fünf Sternen $7^{1}/_{2}$ Grösse bis $8^{1}/_{2}$ Grösse in Distanzen von 2, 4, 7 und 12 Bogenminuten, die in keinem Nebelkatalog vorkommt, aber dem normalen unbewaffneten Auge als Nebelfleck erscheint, und zwar von der Wahrnehmbarkeit eines Sternes 6. Grösse, welchen Wert übrigens auch die Summation der erwähnten Sterne liefert. Hier kann also die Antwort auf die Frage, ob eine Sterngruppe als ein einziges Objekt angesehen werden darf, nur eine relative sein, während es in manchen andern Fällen gänzlich zweifelhaft bleibt, ob man eine Gruppe von Sternen als zusammengehörend betrachten darf oder nicht.

Ähnlich wie die zerstreuten Sternhaufen verhalten sich bezüglich der Bestimmung ihres Helligkeitseindruckes auch jene Nebelflecke, die, wie der Merope-Nebel, als weit ausgedehnte, ziemlich gleichförmig erhellte, aber lichtschwache Flächen erscheinen und dieses Aussehens wegen entweder gar keine oder doch nur eine sehr fragliche Bestimmung ihrer Wahrnehmbarkeit gestatten. Ein solches Objekt war in den letzten Jahren auch der Komet 1895 III.

Trotz dieser Einschränkungen bilden jene Nebelflecke und Sternhaufen, deren Wahrnehmbarkeit nach dem angedeuteten Verfahren thatsächlich beobachtet werden kann, die weitaus überwiegende Mehrzahl, und man ist daher in der Lage, für den Gesamthelligkeitseindruck der meisten dieser Objekte mehr oder minder sichere Zahlen anzugeben. Das habe ich nun für einen grossen Teil der Nebelflecke, insbesondere für die, welche bei Herschel die I. und II. Klasse bilden, und ebenso auch für Sternhaufen gethan oder wenigstens versucht, und zwar je nach dem Objekt mit dem 6-zölligen Fraunhofer'schen Refraktor, dem daran angebrachten $1^{1}/_{2}$-zölligen Sucher, einem Opernglase oder mit blossen Augen.

Obwohl die erhaltenen Zahlen von den Fixsterngrössenklassen wesentlich verschieden sind und für sich allein keine Vorstellung von den betreffenden Objekten selbst geben, indem sie nur das Produkt der Flächenhelligkeit und der scheinbaren Grösse darstellen, so drängt sich trotzdem die Frage auf, ob sie nicht vielleicht doch mit den Fixsterngrössen irgend welche Analogien zeigen, und insbesondere die, ob das bei den Fixsternen auftretende Verhältnis, dass jede Grössenklasse ungefähr dreimal so viel Sterne enthält als die vorhergehende, auch hier zu bemerken ist. Das ist nun in der That der Fall. Trennt man aber die Sternhaufen von den eigentlichen Nebeln, so zeigt sich die Zunahme bei den erstern nicht in demselben Masse wie bei den letztern. Ob dieser Umstand seinen Grund nur in der Lückenhaftigkeit des bisher erhaltenen Beobachtungsmaterials oder in der Unvollkommenheit des hier eingeschlagenen Verfahrens hat, indem sich ja weit zerstreute Sternhaufen der Beobachtung ihres Gesamthelligkeitseindruckes fast ganz entziehen, und das Beobachtungsmaterial schon aus diesem Grunde unvollständig ist, oder ob er vielleicht doch einen reellen Untergrund hat, z. B. den, dass die Sternhaufen, die bekanntlich fast alle in und nahe der Milchstrasse liegen, bezüglich ihrer Weltstellung zur Milchstrasse thatsächlich in einem andern Verhältnisse stehen als die Nebelflecke, deren Häufigkeit von der Milchstrasse gegen die Pole derselben zunimmt; in jedem Falle habe ich die Absicht, diese Beobachtungen auf eine möglichst grosse Zahl von Objekten auszudehnen, wobei es aber geboten erscheint, die Beobachtungen mancher Objekte mit andern Instrumenten, welche bezüglich ihrer optischen Kraft zwischen den bisher benutzten liegen, zu wiederholen.

Um wenigstens einige der gefundenen Zahlen vorführen und zugleich eine Anwendung derselben zeigen zu können, benutzte ich den Umstand, dass schon mehrmals Kometen bezüglich ihres Aussehens mit bestimmten Nebelflecken verglichen worden sind. Ein solcher ist der Komet von 1779, den Messier während seiner Helligkeitsabnahme in Bezug auf Licht und Grösse mit nicht weniger als vier Nebeln verglichen hat. Für diese habe

ich durch meine Beobachtungen die hier beigesetzten Grade der Wahrnehmbarkeit gefunden, durch welche sich die Helligkeiten des Kometen in eine ganz befriedigende Übereinstimmung bringen lassen.

1779 März	21.	Komet wie		Messier No.	3	6.5	Grösse
„	27. u. 28.	„	„	„ „	53	7.	„
April	22.	„	„	„ „	49	8.7	„
Mai	17.	„	schwächer als	„ „	61	9.5	„

Der letzte dieser Nebel ist identisch mit dem Sterne der Bonner Durchmusterung $+5^{\circ}2619$, und bekanntlich sind in der nördlichen Bonner Durchmusterung verhältnismässig viele Nebelflecke als einfache Sterne mit einer Grössenbezeichnung angegeben, ein Umstand, der zwar die Anzahl der in der Bonner Durchmusterung enthaltenen Nebel kleiner erscheinen lässt, als sie thatsächlich ist, aber insofern von Bedeutung ist, als durch diese Zahlen, wenn auch unabsichtlich, der Grad der Wahrnehmbarkeit der betreffenden Nebel gegeben worden ist.

Auch die folgenden Nebel sind, wenn auch nicht durchgehends in Bezug auf den Gesamthelligkeitseindruck, als Vergleichsobjekte für Kometen benutzt worden:

Komet			Komet
Messier 31 (Andromedae)	5.3	Grösse	1748 I, 1790 III, 1850 I u. a.
„ 92 (Herculis)	6.	„	1781 I
„ 2 (Aquarii)	6.5	„	1747
„ 81 (Ursae maj.)	7.7	„	1781 II
„ 79 (Leporis)	8.	„	1781 II
„ 1 (Tauri)	8.	„	1758.

Ein besonderes Augenmerk habe ich auch auf diejenigen Nebel gerichtet, die in den Verdacht der Veränderlichkeit gekommen sind, und von diesen habe ich insbesondere jene zwei, auf welche Winnecke aufmerksam gemacht hat, seit 1886 verfolgt, nämlich:

G.C. 551	$\alpha = 2^h\,23.4^m$	$\delta = -\ 1^{\circ}\,44'$	1860.0.
G.C. 2405	$= 11\ \ 17.2$	$= +12\ \ 7$	1860.0.

Der erste dieser Nebel, welchem 3 Zeitminuten 3′ südlich der wesentlich hellere G.C. 544 vorangeht, erscheint mir im 6-zölligen Refraktor beim ersten Anblicke gewöhnlich wie ein verwaschen aussehender Fixstern $11\frac{1}{2}$. Grösse, als Nebel nur bei genauerer Betrachtung und klarer Luft. Ähnlich zeigt sich der andere, in der Nähe des Sternes 6. Grösse (Heis), 128 Leonis stehende Nebel. Eine Veränderlichkeit habe ich bisher an keinem dieser Nebel konstatieren können, denn die bemerkten Unterschiede halten mit den Verschiedenheiten im Luftzustand so sehr gleichen Schritt, dass zur Annahme von reellen Änderungen kein Zwang vorliegt.«

Der Sternhaufen NGK 6523 (M 8) in α $17^h\ 57.6^m$ D. — $24^{\circ}\ 22'$ ist von J. Comas Solá auf dem Observatorium Català, Sant Feliu de Guixols, Girona, trigonometrisch vermessen worden[1]). Im ganzen wurden die Positionen von 15 Sternen 7.1 bis 10.4 Grösse festgelegt. Einer dieser Sterne (9.6 Grösse) ist ein Doppelstern von 4.0″ Distanz. Der Sternhaufen wird nach Solá von einer doppelten Nebelhelligkeit umhüllt. Ein Nebelzentrum um einen Stern 7.1 Grösse ist auf einer Photographie, die mit 75^m Exposition gewonnen wurde, ziemlich hell. Ein anderer, ausgedehnter, diffuser und länglicher Nebel projiziert sich auf dem mittlern Teile des Haufens. Die photographische Aufnahme zeigt, dass dieser Haufen aus 60 Sternen besteht, deren schwächste 13. Grösse sind.

[1]) Astron. Nachr. No. 3535.

Neue Nebelflecke und Sternnebel sind auf der Arequipa-Station der Harvard-Sternwarte mit dem photographischen Bruce-Teleskop entdeckt worden[1]). Dr. de Lisle Stewart, dem im letzten Jahre die Arbeit an diesem Instrumente aufgetragen war, hat es erreicht, selbst nach mehrstündigem Exponieren doch vollkommen runde Sternbilder auf den Platten zu erhalten. In jüngster Zeit hat er eine bisher unbekannte interessante Gruppe von Nebeln zwischen $3^h\ 10^m$ und $3^h\ 50^m$ Rektasz. und $-49^\circ 50'$ bis $-53^\circ 40'$ Dekl. (für 1900) aufgefunden, die auf zwei Platten vom 14. und 20. Oktober 1898 enthalten sind. Im ganzen gehören in diese Gruppe 46 Objekte, aus länglichen und sternförmigen Nebeln bestehend, von denen nur zwei mit Nebeln in Dreyer's neuem General-Kataloge der Nebelflecke identisch sind. Vier unter diesen Nebeln scheinen spiralförmig zu sein.

Neue lichtschwache Nebelflecke in der Nähe des Spiralnebels in den Jagdhunden. Prof. James E. Keeler hat auf der Lick-Sternwarte mit dem grossen Crossley-Reflektor photographische Aufnahmen von 3 und 4 Stunden Expositionsdauer gemacht, um eine Darstellung des Spiralnebels in den Jagdhunden (M 51) zu erhalten. Bei diesen Aufnahmen sind in der unmittelbaren Nähe des Nebels nicht weniger als sieben kleine, lichtschwache Nebel photographisch konstatiert worden, die mit dem grossen Spiralnebel in keiner Verbindung stehen. Auf der photographischen Platte sind diese neuen Nebel sehr augenfällig. Als Prof. Keeler sie am 36-zolligen Refraktor aufsuchte, erschienen aber selbst die hellsten an der Grenze der Wahrnehmbarkeit in diesem grossen Instrumente. Die ganze Umgebung des grossen Nebels scheint mit kleinen Nebelflecken übersäet zu sein, die anscheinend nicht miteinander in Verbindung stehen[2]).

Nebelflecke-Aufnahmen auf photographischem Wege zu Meudon sind von A. Rambourdin erhalten worden[3]). Es diente dazu ein Spiegel von 1 *m* Durchmesser und 3 *m* Brennweite. Die Photographien zeigen beim Ringnebel der Leyer und bei dem sogenannten Dumbellnebel im Fuchs Gestalten der Nebelmaterie, die beim Beobachten dieser Gebilde am Fernrohre nicht geahnt werden können. In der Gegend der Plejaden hat Rambourdin die langen nebeligen Streifen wieder gefunden, die schon die Gebr. Henry photographiert hatten.

Der grosse Nebelfleck in der Andromeda. Eine Zusammenstellung der Beobachtungen über dessen Kern und in der Nähe desselben wahrgenommenen Sternpunkte giebt Dr. E. Hartwig[4]). Derselbe führt folgendes aus:

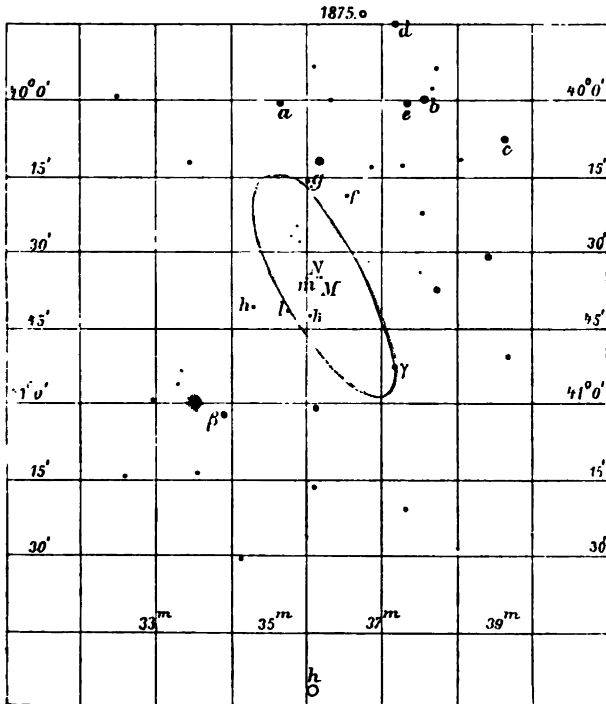
---

1) Harvard College Observatory, Circular No. 38
2) Monthly Notices 1899. 59. No. 9. p. 537
3) Compt. rend. 126 p. 380.
4) Astron. Nachr. No. 3529.

»Seit dem Aufleuchten eines neues Sternes in nächster Nachbarschaft des optischen Mittelpunktes des grossen Andromedanebels zwischen dem 17. und 20. August 1885 und seit seinem Wiederverschwinden sind in den folgenden Jahren wiederholt Meldungen über ein Wiederaufleuchten dieses Sternes oder überhaupt über die Erscheinung eines Sternes in oder nahe seinem Zentrum gemacht worden, auch in jüngster Zeit durch die Vermittelung der Sternwarte Greenwich von einer Privatsternwarte in Griechenland, welche Meldung durch ein in No. 3521 der »Astron. Nachr.« abgedrucktes Telegramm aus Pulkowo mit den Worten beglaubigt wurde: »Seraphimoff bestätigt eine sternartige Verdichtung nahe dem Zentrum des Andromedanebels.« Auf der Astronomen-Versammlung in Budapest nahm ich Veranlassung, über diese Meldungen zu sprechen und zu sagen, dass dieselben meist auf Verwechselungen des Ortes der Nova 1885 mit dem Nachbarsterne 11. Grösse, der in der beigegebenen Skizze (S. 121) mit *m* bezeichnet ist oder mit dem optischen Mittelpunkte des Nebels selbst zu beruhen scheint, und dass es daher wünschenswert sei, zum Gebrauche am Fernrohre durch eine gute Zeichnung, wie sie in wissenschaftlichen Schriften noch nicht gegeben ist, die Lage der Nova 1885 zu veranschaulichen, da hierdurch besser als durch alle Beschreibungen mit einem Blicke die Verhältnisse klar erkannt werden. Die Abbildungen von Herschel und Bond sind mir nicht zugänglich, und die von Trouvelot im VIII. Bande der Annalen des Harvard College Observatory giebt alle Sterne von gleicher Grösse an und gestattet keine Identifizierung derselben, zumal sie auch nicht alle richtig eingezeichnet sind. Lamont's Abbildung im XVII. Bande der Annalen der Münchener Sternwarte giebt nur die zentrale Verdichtung der drei Nachbarsterne an und ermöglicht daher keine Orientierung. Indem ich hier diese Zeichnung liefere, erlaube ich mir, noch der festen Überzeugung Ausdruck zu geben, dass alle diese Meldungen, abgesehen von den oben genannten Verwechselungen, auch aus einer nicht genügenden Kenntnis der Litteratur über diesen Nebel und einer nicht genügend langen Bekanntschaft mit seinem Anblicke im Fernrohre hervorgegangen sind. Ich habe in allen Jahren seit 1885 und zu verschiedenen Jahreszeiten mit Ausnahme der Monate April und Mai durch zahllose Beobachtungen, zu denen besonders die Gefälligkeit gegen Besucher der Sternwarte Veranlassung gab, den Eindruck gewonnen, dass in der nicht ganz zentrisch gelegenen stärksten Verdichtung bei günstigen Luftverhältnissen starke Vergrösserungen fast immer ein feines Sternchen erkennen lassen, das mehr aufzublitzen, als beständig sichtbar zu bleiben scheint. Die in den Herbstmonaten bessern Luftverhältnisse lassen es auch mit relativ schwächern Vergrösserungen erkennen, und dieser Umstand ist dann Veranlassung zu solchen Meldungen, die fast immer in diese Zeit fallen. Die Existenz dieses Sternchens ist längst bekannt, während es nicht an alten und neuern Zeugnissen fehlt, die dieselbe ausdrücklich verneinen. Bei diesen lassen sich

aber ungezwungen die ungenügenden optischen Hilfsmittel oder die ungünstigen Luftzustände als Erklärung geltend machen.

Die ältesten Nachrichten kennen das Sternchen nicht. Simon Marius vergleicht 1612 das Aussehen des Nebelfleckes mit einer durch dünnes Horn schimmernden Kerze, womit Legentil in der Mitte des 18. Jahrhunderts einverstanden ist, und Messier sagt am 3. August 1764 ausdrücklich: »man erkennt keinen Stern darin.«



M = Mitte des Nebels (stärkste Verdichtung.)
N = Nova von 1885.

Skizze des Nebels in der Andromeda mit den umgebenden Sternen.

Lamont giebt 1836 den Durchmesser des Kernes zu 6.9″ an, sah also nichts Sternartiges. Sein Stern *a* ist Stern *m* der Zeichnung. Schönfeld sagt am 23. September 1862: »gleichmässig dunstig. Helle Mitte von 8′ Durchmesser, aussen sehr verwaschen, nach innen stufenweise heller, mit schönem Kerne = 10.11 Grösse, ganz sternartig, in der Mitte; gut zu beobachten. Viele kleine Sterne im Nebel. Nur in günstigen Momenten länglich, P. W. 145°.« Am 5. Okt. 1863 heisst es: »der Kern ist recht gut zu beobachten« und am 21. Jan. 1868: »Der Kern tritt selbst durch dünne Wolken gut hervor.« Dagegen

spricht d'Arrest am 12. August 1863 nur von einem Kerne: (Nox serenissima) stella 12 magn. praec. nucleum per 11.26ˢ nonnihil australior«, und am 30. Juli 1865 »(non exquisite serenum) stella 11.12 magn. praec. nucleum 11.6ˢ, paullo australior«. Aber Schultz sagt (A. N. 2682) am 5. August 1867: »Der eingestellte Punkt ist planetenähnlich, 2″ bis 3″ gross« und am 21. August 1875: »Kern sehr deutlich, dessen zentraler Teil wie ein Stern 10^m «, ferner am 27. August 1875: »Der Stern im Kerne 10.11 Grösse.«

Aus dem Jahre 1885 liegen die folgenden Berichte vor. R. Spitaler (A. N. 2681. 2731): »Am 2. September sah ich mir den Stern (die Nova) mit dem grossen Refraktor an und mass seinen Abstand vom benachbarten Lichtknoten, in welchem ich ganz deutlich bei 1200facher Vergrösserung ein sehr kleines Sternchen schimmern sah, zu $\Delta\alpha = -1.12^s$, $\Delta\delta = -5.07''$.« R. Engelmann (A. N. 2683, p. 324): »Der Nebelkern zeigte an den meisten Abenden eine sehr feine sternförmige Mitte, fast einem Sternchen 11^m bis 11.5^m gleich; nur am 1. September erschien er unbestimmter und verwaschener, und rührt hiervon jedenfalls die grössere Abweichung in Δ her. In der Nebelmaterie, die um Stern (Nova) und besonders Kern am dichtesten war und hauptsächlich in die Längsrichtung des Nebels fiel, schimmerten an verschiedenen Stellen schwache Lichtfleckchen und schwächste Sternchen.« H. G. van de Sande Bakhuyzen (A. N. 2683, p. 323): »Am 14. und 15. September sah ich bei starker Vergrösserung ein feines Lichtpünktchen in der hellen Partie des Nebels, welche dem neuen Sterne in Rektaszension folgt. Ich bestimmte den Positionswinkel des kleinen Sternchens in Bezug auf den neuen Stern, sowie den gegenseitigen Abstand, und fand Sternchen — Nova $\Delta\alpha = +1.32^s$, $\Delta\delta = +3.03''$. Aus Messungen der Rektaszensions- und Deklinationsunterschiede zwischen der Nova und dem um 9.38^s vorangehenden Sterne 11. Grösse (Stern *m*) folgt, dass das kleine Sternchen sich in der Mitte des hellen Kernes des Andromedanebels befindet«. E. Hartwig (A. N. 2685, p. 360): »Die Vergleichung ergiebt, dass der neben dem aufgeflammten Sterne sichtbare Nebelknoten, in welchem ich am Sonnabende, den 19. September, bei endlich einmal günstig gewordener Luft ein schwaches Sternchen deutlich wiederholt aufblitzen sah, identisch ist mit der alten stärksten Verdichtung des Nebels . . .« E. Millosevich (A. N. 2689, p. 15): »Nella parte più lucida del centro della nebulosa vedesi con un ingrandimento di 300 un puntino più distinto . . . .«

Genau so, wie es in diesen Zitaten geschildert ist, verhielt es sich in den Jahren bisher, und verhält es sich jetzt mit dem Aussehen der Verdichtung nahe dem Zentrum des Andromedanebels, und keine Meldung seit 1886 über Veränderungen daselbst hat irgend etwas Neues berichtet.«

Das Spektrum des Andromedanebels wurde von Prof. J. Scheiner aufgenommen und untersucht. Er bemerkt hierüber[1]):

[1]) Astron. Nachr. No. 3549.

»Die kontinuierlichen Nebelspektra sind wegen ihrer Lichtschwäche bisher nur wenig erforscht. In dem Spektrum des noch sehr gut auflösbaren Sternhaufens im Herkules, Messier 13, hat H. C. Vogel dunkle Streifen erkennen können, eine Messung derselben und damit eine Feststellung der Natur des Spektrums war aber nicht möglich. Als allen kontinuierlichen Nebelspektren gemeinsam stellte H. C. Vogel eine Verschiebung des sonst im Gelb gelegenen Maximums der Intensität nach dem Grün fest; es ist heute bekannt, dass diese Beobachtung auf physiologische und nicht auf physikalische Ursachen zurückzuführen ist. Angaben anderer Beobachter über die kontinuierlichen Nebelspektra sind mir nicht bekannt.

Mit einem kleinen Spektrographen, der in Verbindung mit einem Spiegel von 32 *cm* Öffnung und 96 *cm* Brennweite eine ganz besondere Lichtstärke für Objekte mit Flächenausdehnung besitzt, liess sich das ausser dem Gasspektrum vorhandene kontinuierliche Spektrum des Orionnebels sehr leicht aufnehmen, und dies veranlasste mich, auch Aufnahmen des Adromedanebelspektrums zu versuchen. Bei einer Expositionszeit von $3^1/_2$ Stunden erschienen die ersten Spuren desselben, wobei ein kräftiges Absorptionsband, welches ich für die $H\gamma$-Linie hielt, deutlich erkennbar war. Dies bewog mich, in der Expositionszeit noch weiter zu gehen, und so erhielt ich mit Unterstützung von Dr. Ludendorff am 4. und 5. Januar v. J. eine Aufnahme des Spektrums vom Andromedanebel von $7^1/_2$ Stunden Expositionszeit. Auf derselben ist das kontinuierliche Spektrum recht deutlich von F bis H_1 zu erkennen, und schwache Spuren erstrecken sich weit ins Ultraviolett hinein. Eine Vergleichung dieses Spektrums mit dem im gleichen Apparate aufgenommenen Sonnenspektrum ergab eine überraschende Übereinstimmung beider, sogar in Bezug auf die relativen Intensitäten der einzelnen Spektralbezirke. Die H_1-Linie war sehr deutlich zu sehen, so dass an dieselbe das schon erwähnte starke Band unter dem Mikroskop angeschlossen werden konnte. Die Messungen führten zu dem unzweifelhaften Resultate, dass das Band der G-Gruppe im Sonnenspektrum und nicht der $H\gamma$-Linie entspricht. Es ist mithin dargethan, dass der Andromedanebel ein Spektrum der Klasse IIa zeigt, oder also, dass der überwiegende Teil der den Kern des Andromedanebels zusammensetzenden Sterne dieser Spektralklasse angehört. Da nun unser Sternsystem, aus der Ferne betrachtet, ein sich wesentlich der I. Spektralklasse näherndes Spektrum zeigen würde, so ist weiter zu folgern, dass sich das System des Andromedanebels bereits in einem vorgeschrittenen Stadium befindet. Spuren von hellen Nebellinien sind nicht vorhanden, so dass der interstellare Raum im Andromedanebel, ebenso wie in unserem Fixsternsysteme nicht merklich mit gasförmiger Materie erfüllt ist.«

»Der Andromedanebel«, fährt Prof. Scheiner fort, »gehört zur Klasse der Spiralnebel, die sämtlich ein kontinuierliches Spektrum geben. Nachdem nun die bisherige Vermutung, dass die Spiralnebel

Sternhaufen seien, zur Sicherheit erhoben ist, liegt es nahe, dieses System mit unserem Fixsternsysteme zu vergleichen und auf die grosse Ähnlichkeit des letztern speziell mit dem Andromedanebel hinzuweisen. Der innere Teil des Andromedanebels entspricht dem Komplexe derjenigen Fixsterne, welche nicht zur Milchstrasse gehören, letztere entspricht den Spiralen des Andromedanebels. Die Unregelmässigkeiten der Milchstrasse, besonders ihre Teilungen lassen sich, wie dies schon Easton versucht hat, sehr gut deuten, wenn man dieselbe ebenfalls als ein System von Spiralen auffasst, und nicht als Ringsystem. Der wichtigste Grund für diese Annahme liegt für mich in dem Umstande, dass die Ringnebel, im Gegensatze zu den Spiralnebeln, sämtlich Gasspektra besitzen. Es scheint nicht unmöglich zu sein, trotz der ungünstigen Projektion, in welcher wir die Milchstrasse sehen, ihre Hauptformen als Spiralen festzustellen und weiterhin die Eigenbewegungen der Milchstrassensterne in einen Zusammenhang hiermit zu bringen.«

Photographische Aufnahmen des grossen Orionnebels. Eine beträchtliche Anzahl photographischer Aufnahmen dieses Nebels ist auf der Lick-Sternwarte mit dem grossen Crossley-Reflektor von 3 Fuss Spiegeldurchmesser erhalten worden. Das beste Negativ wurde bei Exposition von 40 Minuten Dauer in einer sehr guten Nacht erhalten und zeigt die ungeheure Ausdehnung des Nebels über die an den grössten Ferngläsern sichtbare Partie hinaus. Die photographische Wirksamkeit des Crossley-Reflektors ist bewundernswürdig gross. Ein Vergleich mit den Leistungen der photographischen Linse des grossen Refraktors, welche 33 Zoll Öffnung hat, ergiebt, dass der Reflektor mit 10 Minuten Exponierung mehr Nebel zeigt als der Refraktor mit 3 Stunden. Diese Überlegenheit ist der grössern Winkelöffnung des Reflektors und dem Lichtverluste der photographischen Strahlen beim Durchgang durch die Linsen des Refraktors zuzuschreiben.

Das Spektrum des Orionnebels. Nach Campbell und Runge ist das Spektrum des Orionnebels in den verschiedenen Teilen desselben insofern verschieden, als die relativen Helligkeiten der drei Hauptlinien in weitern Grenzen schwanken. In unmittelbarer Nähe des Trapezes, wo der Nebel sehr hell erscheint, verhalten sich diese Linien bezüglich der Helligkeit wie 4 : 1 : 1; an andern, weniger glänzenden Stellen ist die erste und dritte Linie gleich hell, in schwachen Nebelpartien erscheint die dritte Linie heller als die erste. Die zweite Linie ist überall weit schwächer als die erste und meist auch etwas schwächer als die dritte. Prof. Keeler, Direktor der Lick-Sternwarte, hat neuerdings Beobachtungen angestellt[1]), welche beweisen, dass diese Helligkeitsunterschiede keine subjektiven Er-

[1]) Astron. Nachr. No. 3541.

scheinungen sind, sondern wirklich bestehen. Als bei dunstiger Luft der Spalt des am 36-zölligen Refraktor angebrachten Spektroskops auf den Stern No. 734 (Bond) am Rande des Nebels gerichtet wurde, sah er in dem Spektrum nur die Wasserstofflinie Hβ. Darauf wurde der hellste Teil des Nebels, nahe dem Trapez eingestellt, und es erschienen Hβ und die Linie 495.9 nahezu gleich hell, jedoch weit schwächer als die Haupt-Nebellinie 500.7. Als die vertikale Öffnung des Spaltes und mit ihr die Intensität des Spektrums vermindert wurde, verschwanden allmählich Hβ und die zweite Linie, so dass nur die Hauptlinie allein sichtbar blieb. Hiernach ist also bei Abschwächung des Spektrums in dem einen Teile des Nebels der Linie Hβ allein sichtbar, in einem andern die Hauptlinie, eine Thatsache, die nach Prof. Keeler nur durch wirkliche Verschiedenheit des Spektrums in den einzelnen Regionen des Orionnebels zu erklären ist.

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Die neuern Fortschritte in der Erkenntnis der mathematischen Erdgestalt behandelt Prof Dr. F. R. Helmert auf dem 7. Internationalen Geographenkongress zu Berlin (1899)[1].

Newton und Huyghens erkannten die Abplattung der Erdgestalt theoretisch, 50 Jahre später wurde sie auch aus Gradmessungen nachgewiesen. Zu Anfang des 19. Jahrhunderts hatte sich genug Beobachtungsmaterial angesammelt, um eine genauere Ableitung zu ermöglichen. Besonders ragt Bessel's Berechnung der Dimensionen eines demselben möglichst gut entsprechenden abgeplatteten Rotationsellipsoids hervor (1837—1841); in neuerer Zeit hat dann Clarke (zuletzt 1880) eine Reihe von Ellipsoiden auf Grund des immer mehr wachsenden Materials abgeleitet. In allen Fällen zeigten sich Abweichungen in den beobachteten Grössen, die durch Beobachtungsfehler nicht zu erklären waren. Auch durch die Einführung eines dreiachsigen Ellipsoids, sowie eines Rotationssphäroids mit nichtelliptischem Meridian, welche Annahmen überdies nicht zu rechtfertigen, bezw. wenig wahrscheinlich sind und nur eine interpolatorische Bedeutung erlangen konnten, wurde nichts gebessert.

Vielmehr handelte es sich dabei um Störungen der normalen Gestalt als eines abgeplatteten Rotationsellipsoids (Erdellipsoid) durch unregelmässige Massenverteilung, namentlich in der Erdkruste. Besondere Wichtigkeit kommt in dieser Beziehung der Frage zu: Welche Störungen der normalen Erdgestalt entstehen durch den Gegensatz der kontinentalen Massen und des Ozeans, sowie durch die grossen Gebirge, namentlich die zentralasiatischen Gebirgskomplexe?

Wenn solche Störungen nach Massgabe der äussern Begrenzung der Massen bestünden, so würde der indische Meridianbogen, auf dem bei Bessel und Clarke der Abplattungswert hauptsächlich beruht, besonders stark gestört sein müssen, und es würden dann die berechneten Abplattungswerte jede Bedeutung verlieren. Bekanntlich hat sich Pratt in den Jahren 1855—1871 eingehend mit der Untersuchung der Beträge der Lotstörungen für diesen Meridianbogen auf Grund der Massenverteilung beschäftigt. Seine Rech-

[1]) Potonié's Wochenschrift 1899. p. 505.

nungen gelangten aber erst dann zu plausiblen, den Beobachtungen entsprechenden Ergebnissen, als die inzwischen durch Schwerkraftmessungen im Himalaya erkannten unterirdischen Kompensationen der Gebirgsmassen berücksichtigt wurden. Ganz einwandfrei ist der indische Meridianbogen trotz der Kompensationen aber keineswegs, und dasselbe gilt also auch für die sich darauf stützenden Abplattungswerte.

Die Störungen, welche durch den Gegensatz der Kontinente und des Ozeans entstehen, wurden wiederholt behandelt. Listing gelangte 1878 zu der Anschauung, dass die Ozeane gegen die normale Ellipsoidfläche Depressionen bis zu rund 1000 *m* aufweisen müssten, welche Zahl er aus Anomalien der Schwerkraft ableitete. Diesen Depressionen entsprächen bei den Kontinenten Erhöhungen von annähernd gleichem Betrage.

Indessen zeigte dem Verf. eine synthetische Betrachtung 1884, dass die äussere Massenbegrenzung höchstens Störungen der Höhenlage von $\pm$ 500 *m* verlangt, womit aber zugleich Störungen der Schwerkraft verbunden wären, die den Erfahrungen widersprechen. Denn es müsste die Schwerkraft auf den Kontinenten grösser als auf dem Ozeane sein. In Wirklichkeit ist sie dagegen auf den kleinen ozeanischen Inseln grösser als auf den Kontinenten, wobei der Überschuss ungefähr der Anziehung der Inselpfeiler entspricht. Wahrscheinlich ist daher auf dem offenen Ozeane die Schwerkraft annähernd gleich gross mit der Schwerkraft auf den Kontinenten, welche Vermutung durch zwei Beobachtungen gelegentlich von Nansen's Polarfahrt bestätigt wird. Hier gelang es Scott Hansen in 84° und 86° Breite im festgefrorenen Schiffe die Intensität der Schwerkraft bei 3 *km* Tiefe des Meeres zu bestimmen. Beide Male ist ihr Betrag normal.

Es sind hiernach wahrscheinlich die Kontinentalmassen durch unterirdische Ungleichmässigkeiten der Massenlagerung (sogenannte Defekte) kompensiert.

Unter diesen Umständen werden die Höhenstörungen des Geoids wahrscheinlich nur Bruchteile von $\pm$ 500 *m* betragen, hauptsächlich infolge von Mängeln der Kompensation der Kontinentalmassen.

Aufschluss über den wirklich verbleibenden Betrag der Störungen können die ausgedehnten Gradmessungen, wie sie gegenwärtig vorliegen, dadurch geben, dass der Verlauf der Krümmungsverhältnisse in den einzelnen Gebieten in Betracht gezogen wird, und dass die Krümmungen in verschiedenen Gebieten miteinander verglichen werden.

Ausgedehnte Arbeiten liegen besonders vor in Europa, dann in den Vereinigten Staaten von Amerika, in Indien und in Südafrika. Eine interessante Vermessung wurde auch auf den Sandwichinseln ausgeführt; dieselbe hat zwar keine Kontinentalausdehnung, bietet aber ein Beispiel für Lotstörungen an Steilküsten. Bei 150 *km*

Abstand ist hier auf Hawaii der relative Störungsbetrag zwischen Nord- und Südküste ca. 100″. Kompensation scheint nicht vorhanden zu sein.

Kontinentale Küsten zeigten in der Regel gegen das Innere des Landes nur mässig grosse relative Störungen, wohl deshalb, weil in der Regel in den untersuchten Fällen die Küsten einen flachen Abfall hatten. Im Innern der Kontinente wurden regionale Störungen mehrfach aufgefunden, nicht nur in der Nähe von Gebirgen, sondern auch fern von solchen in ebenen Landstrichen.

Erschweren diese Störungen den Überblick über den kontinentalen Verlauf, so fördern sie doch die Einsicht in die Massenverteilung in der Erdkruste: Ungleichmässigkeiten sind die Regel; grössere Gebirge erweisen sich mehr oder weniger kompensiert, wobei aber die Kompensationen oftmals eine horizontale Verschiebung erfahren haben.

Eine deutlich sichtbare kontinentale Störung zeigte zum erstenmal der europäische Parallelbogen in 52° Breite mit 69° Längenausdehnung, für welchen 1892 die Ergebnisse bekannt wurden. Diese waren auch dadurch auffallend, dass sie Clarke's Elementen entschieden zu widersprechen schienen und wieder auf Bessel's Elemente hinwiesen.

Dieser Parallelbogen und der russisch-skandinavische Meridianbogen geben aber annähernd wieder den Wert der grossen Halbachse, welchen Clarke 1880 fand, dazu aber eine Abplattung von nur 1 : 308. Mit Rücksicht auf das ganze vorliegende Material wird man unter Festhaltung der genannten Halbachse die Abplattung vorläufig zu etwa demjenigen Betrag annehmen dürfen, den Bessel fand. Für diesen Wert sprechen auch astronomische Ergebnisse.

Wie nun von dem Erdellipsoid im einzelnen das Geoid abweichen wird, lassen die ausgedehnten Gradmessungen in Europa erkennen. Hier sind die Hauptmerkmale kontinentaler Attraktion: die stärkere Krümmung der westlichen Hälfte des Parallelbogens in 52° Breite gegen die östliche, sowie ein Winkel von $4^1/_2$″ zwischen den kleinen Achsen der Ellipsen des französisch-englischen und des russisch-skandinavischen Meridianbogens. Die kontinentale Attraktion gelangt jedoch nur zu einem Dritteile zur Geltung; die Kompensationsmassen müssen aber sehr ungleichmässig verteilt sein.

Für die Höhenlage des Geoids gegen das Ellipsoid kann man nach den in Europa beobachteten Störungen des Lotes den Maximalbetrag von ± 100 *m* rund vorläufig ansetzen. Übereinstimmend mit den früher angegebenen Untersuchungen zeigt er sich jedenfalls weit kleiner als nach Massgabe der äussern Figur der Kontinente. Es ist also in der Massenverteilung Annäherung an das hydrostatische Gleichgewicht vorhanden, entsprechend den Festigkeitsverhältnissen der Kruste und des ganzen Erdkörpers.

Bericht über den Stand der Erforschung der Breitenvariation am Schlusse des Jahres 1898 von Th. Albrecht[1]). In dieser neuen Publikation behandelt Prof. Albrecht die Beobachtungen von 1895.0 bis 1898.7 und giebt eine Darstellung der Polhöbeschwankungen für einen Zeitraum von etwas weniger als vier Jahren.

Neue Untersuchungen über das Gesetz der Breitenschwankungen hat M. Gonnessiat angestellt. Nach dem Berichte[2]) von A. Radau wird durch dieselben das Vorhandensein von zwei Arten der Bewegung des Poles nachgewiesen. Die eine vollzieht sich in 14 Monaten und hat zum Koeffizienten 0.14″, die andere in 12 Monaten mit einem Koeffizienten von 0.155″. Ausserdem führt Gonnessiat zwei neue Glieder mit Perioden von 1.8 und 9.3 Jahren und Koeffizienten von 0.04″ und 0.10″ ein.

Die 14monatliche Periode der Breitenschwankungen, welche Chandler gefunden und für veränderlich hält[3]), ist von E. F. Van de Sande Bakhuyzen untersucht und konstant gefunden worden[4]), wenigstens für die Zeit von 1858 ab. Ihre Dauer bestimmt er zu 431.0 Tagen bei einer mittlern Amplitude von 0.156″. Vor 1850 müsse diese Amplitude geringer gewesen sein, und es sei möglich, dass zwischen 1850 und 1860 eine Diskontinuität der Schwankung stattgefunden habe.

Eine neue Pendelformel hat Iwanof abgeleitet[5]) auf Grund von relativen Messungen an 300 Stationen, die an die absolute Bestimmung der Länge des Sekundenpendels für Wien (durch Oppolzer) angeschlossen wurde. Bezeichnet φ' die geozentrische Breite eines Ortes, so ergiebt sich die Länge L des einfachen Sekundenpendels im Meeresniveau für diesen Ort (in Centimetern):

$$L = 99.0997 + 0.5240 \sin^2 \varphi' - 0.0016 (\sin \varphi' - \frac{5}{3} \sin^3 \varphi').$$

Diese Formel lässt erkennen, dass die Pendelbeobachtungen keine Abweichung in der allgemeinen Gestalt der beiden Erdhälften von einander mit Sicherheit anzeigen. Die Abplattung der Erde findet Iwanof $= \frac{1}{297.2}$, also, wie bei allen Pendelmessungen, merklich grösser, als sich dieselbe aus den Gradmessungen ergiebt.

Schweremessungen auf und am Mont-Blanc sind von Hansky mit den Sterneck'schen Apparaten 1898 ausgeführt worden[6]). Unter Annahme von g = 9.80990 für Meudon fand sich für den Gipfel

1) Berlin 1899.
2) Compt. rend. 126. p. 710.
3) Astron. Journal No. 406. 446.
4) Bulletin de l'Acad. des Sc. d'Amsterdam 1898.
5) Generalkonferenz der Erdmessung in Stuttgart 1898.
6) Compt. rend. 127. p. 942.

des Mont-Blanc aus Beobachtungen am 29. und 31. August g = 9.794 72, für die Grands-Mulets am 2. September g = 9.799 99, für den Brevent am 7. September g = 9.800 56 und zu Chamonix am 5. Oktober g = 9.803 94.

Relative Schweremessungen in Kopenhagen und Christiania sind im Oktober 1898 auf Veranlassung des Zentralbureaus der Internationalen Erdmessung von Dr. R. Schumann angestellt worden[1]). Als Wert für die Schwerebeschleunigung giebt derselbe an:

Kopenhagen 9.815 78,
Christiania . . . . 9.819 45.

Genauigkeitsuntersuchungen sollen erst bei der definitiven Bearbeitung angestellt werden.

Relative Schweremessungen in Helsingfors und Pulkowo sind von Dr. O. Savander ausgeführt worden[2]). Es ergab sich reduziert auf das Mondniveau:

Helsingfors . . . . 9.819 42 *m*,
Pulkowo . . . . 9.819 34 *m*.

Der im Jahre 1894 von Oberst v. Sterneck für Pulkowo gefundene Wert ist: g = 9.819 27 *m*.

Die Ursachen der Bewegungen der Erdrinde bespricht R. van Hise[3]). Er führt die einzelnen Formen dieser Bewegungen auf und kommt zu dem Ergebnisse, dass die letzte Ursache derselben in der Einwirkung der Schwere auf das plastische Erdinnere zu suchen sei.

Die gegenseitige Bewegung einiger Höhenmarken ist von R. Repkewitz untersucht worden[4]). Es handelt sich um mehrere Fixpunkte, die in Westend bei Charlottenburg im Mauerwerk eingelassen waren. Ihre gegenseitige Lage wurde sechs Jahre hindurch sorgfältig beobachtet. Es zeigten sich unregelmässige Schwankungen, die bis 1 *mm* betrugen.

2. Oberflächengestaltung.

Über Höhenänderungen verbreitet sich z. B. Messerschmitt[5]). Ob Höhenänderungen in gewissen Gegenden oder auch auf grössern Gebieten vorkommen, lässt sich angesichts der grossen Genauigkeit, welche man jetzt mit den Feinnivellements erlangt, untersuchen.

Hierzu schienen sich die beiden Präzisionsnivellements in Frankreich zuerst zu eignen. Das erste ist in den fünfziger Jahren unter Bourdalouë ausgeführt worden[6]). Es diente wegen seiner damals ungeahnten und

---

1) Astron. Nachr. No. 3547.
2) Astron. Nachr. No. 3583.
3) T. Wisconsin A. Soc. Arts and Letters **11.** p. 465.
4) Ztschr. f. Vermessungswesen 1898. p. 16.
5) Schweiz. Bauzeitung **34.** No. 8—10.
6) Nivellement général de la France. Bourges 1864.

unerreichten Genauigkeit als Muster für die spätern Feinnivellements. Seit mehrern Jahren wird in Frankreich nun ein neues Präzisionsnivellement ausgeführt. Aus einer ersten Vergleichung der beiderseitigen Resultate glaubte man eine Anzahl stärkerer Abweichungen systematischer Natur zu erkennen, und zwar derart, dass, von Süden nach Norden fortschreitend, zunehmende Senkungen stattgefunden haben. Allein die nähere Untersuchung ergab, dass dieses nicht der Fall ist, und dass alle vorhandenen Differenzen von der grössern Ungenauigkeit der ältern Messung herrühren.

Ähnliche Untersuchungen, welche Verf. im schweizerischen Präzisionsnivellement anstellte[1]), ergaben, dass alle gefundenen Unterschiede der damals zur Verfügung stehenden Messungen durch die Veränderlichkeit der Nivellierlatten erklärt werden müssen.

Dagegen liessen die Nivellements erkennen, dass z. B. durch das Tieferlegen des mittlern Wasserstandes der Juraseen die Höhenmarke an der meteorologischen Säule am Quai zu Neuenburg um 31 *mm* sich gesenkt, also dadurch ein schwaches Abrutschen des Ufers stattgefunden hat. In 100 *m* Entfernung vom Ufer betrug die Senkung der Höhenmarke nur noch 14 *mm*, weiter entfernt konnte nichts mehr nachgewiesen werden.

Einige weitere Senkungen haben sich neuerdings durch die vom eidgen. top. Bureau vorgenommenen Kontroll- und Versicherungs-Nivellements ergeben. So sind von Straub und Dr. Hilfiker am Bodensee auf der Strecke zwischen Rheineck (an der Mündung des Rheines in den See) über Bregenz nach Lindau 13 Höhenmarken neu einnivelliert worden[2]). Sämtliche Höhenmarken zeigten Senkungen gegenüber der Höhenmarke No. 565 im Bahnhofe von Lindau, deren Stabilität aus verschiedenen Gründen verbürgt zu sein scheint. Die gemessenen Senkungen betragen bei Bregenz etwa 0.1 *m*, bei Fussach, Höchst und Rheineck zwischen 0.04 und 0.05 *m*[3]).

Ähnliche Senkungen konnten am östlichen Ufer des Genfersees konstatiert werden[4]). Um das schweizerische Nivellement mit dem französischen sicher zu verbinden, ist 1897 ein Doppelnivellement ausgeführt worden. Nimmt man die Höhenmarke zu Roche als unverändert an, so ergeben sich die folgenden Differenzen:

	Frühere Messungen	Neue Messungen	Differenzen
⊙ 21 Roche	+ 7.838 *m*	+ 7.838 *m*	0.0 *mm*
⊙ 20	+ 8.299 *m*	+ 8.262 *m*	— 37 *mm*
NF 74 Villeneuve	+ 0 734 *m*	+ 0.695 *m*	— 39 *mm*
⊙ 18	+ 2.889 *m*	+ 2.869 *m*	— 20 *mm*
NF 73 Chillon	+ 5.220 *m*	+ 5.207 *m*	— 13 *mm*

Bereits die ältern Messungen 1870 und 1881 zeigen eine solche konstante Differenz und bestätigen daher dieses Sinken.

Für den Luganersee sind ähnliche Höhenänderungen konstatiert. Wegen eines kleinen Senkungsgebietes am Hafen zu Konstanz, dessen Wirkung sich bis zum Anfange des Jahrhunderts zurückverfolgen lässt, sei auf die Abhandlung von M. Haid »Untersuchung der Senkung des Bodensee-Pegels zu Konstanz«, Beiträge zur Hydrographie des Grossherzogtums Baden 1891, verwiesen.

Alle diese Beispiele beziehen sich auf Gegenden mit aufgeschüttetem Boden in der Nähe grosser Wasserbecken, wo also ein Setzen des Bodens und ein Rutschen der Böschungen von vornherein nichts Ungewöhnliches bietet.

---

[1]) Die Veränderlichkeit der Nivellierlatten. Schweiz. Bauzeitung. 23. 1894. p. 30 u. 39.

[2]) Procès-verbal de la 39me Séance de la Commission géodés. suisse 1896. p. 23.

[3]) Vergl. auch: Die Fixpunkte des schweiz. Präzisionsnivellements. Lief. 4. 1895.

[4]) Procès-verbal de la 41me Séance de la Com. géod. suisse 1898. p. 26.

Noch interessanter sind Höhenänderungen, die sich auf weite Gebiete hin erstrecken, deren Ursache tektonischer Natur ist. Hier braucht nur an die Strandverschiebungen erinnert zu werden, wie sie namentlich auf der skandinavischen Halbinsel seit mehr als 150 Jahren messend verfolgt werden, und welche noch heute andauern.

In verschiedenen Teilen des französischen Jura, besonders im Gebiete des in die Rhone mündenden Flüsschens Ain, östlich von Lons-le-Saunier, einem auch topographisch und geologisch sonst interessanten Gebiete, sollen von den dortigen Bewohnern langsame Höhenänderungen bemerkt worden sein, so dass man jetzt Gebäude und Orte von gewissen Punkten aus sieht, die man früher von dort aus nicht gesehen haben will. In einigen Fällen wird auch das Umgekehrte berichtet. So werden namentlich von dem Dorfe Doucier, in der Nähe des Lac de Chalain, solche Änderungen ganz bestimmt behauptet. Es sollen nicht nur über den See das Dorf Marigny, sondern auch nach vier weitern Richtungen Gebäude jetzt sichtbar sein, die es früher nicht waren. Zur Verfolgung eines solchen Phänomens sind aber direkte Messungen unerlässlich und werden auch seit 1883 von Zeit zu Zeit angestellt. Vorläufig freilich hat man sich mit einer wenig genauen Methode begnügt, indem man Visuren nach verschiedenen Richtungen nahm, welche zwischen 1883 und 1890 keine Änderungen ergaben. Es steht aber in Aussicht, dass die betreffenden Orte durch ein Feinnivellement miteinander verbunden werden, welches kleinere Änderungen sicher und in kurzer Zeit nachzuweisen erlaubt[1]).

Auch aus dem schweizerischen Jura berichtet J. Jägerlehner darüber[2]). Es soll das Schloss, die Kirche und das Rathaus von Grandson und ebenso der Genfersee von den am Südostabhange des Mont Auber gelegenen Dörfern Fontanezier, Mareborget und Vaugondry etc. laut Aussage der dortigen Bewohner an Sichtbarkeit zugenommen haben. Nach den Untersuchungen von Jägerlehner können Abholzungen für die Richtung nach Grandson gar nicht und für die Richtung nach dem Genfersee nur in beschränktem Masse dabei in Betracht kommen. Eine Hebung des Mont Aubert, welche über 100 *m* betragen müsste, ist ausgeschlossen. Dagegen genügt für das Sichtbarwerden von Grandson die Annahme, dass der dem Schlosse Grandson vorgelagerte Hügel um 1 *m* niedriger geworden sei. Dies könnte möglicherweise durch Denudation und teilweises Auslaugen des Gesteins erklärt werden, also ohne Zuhilfenahme allgemeinerer Ursachen. Solches Auswaschen und dadurch erfolgtes Setzen des Bodens kann man in kleinerem Massstabe öfter im Jura beobachten. Es tritt durch mehr oder minder grosse, meist runde Einsturzkessel zu Tage.

Ebenso müsste für das bessere Sichtbarwerden des Genfersees eine Senkung des Terrains gegen den Genfersee hin angenommen werden, was allerdings schwieriger zu erklären wäre. Die grossen Nivellementszüge in dieser Gegend haben bis jetzt nichts davon erkennen lassen. Mit Recht kommt auch Jägerlehner zu dem Schlusse, dass nur Messungen die Richtigkeit obiger Angaben entscheiden können. Es wäre daher zu wünschen, dass dieser Gegend von kompetenter Seite einige Aufmerksamkeit in dieser Hinsicht geschenkt würde.

Ähnliche Wahrnehmungen werden aus Thüringen berichtet, nach welchen die Bewohner verschiedener Ortschaften ebenfalls ein Emporsteigen oder ein Sinken anderer Ortschaften beobachtet haben wollen, worüber

---

[1]) Girardot L.-A.: Note zur l'étude des mouvements lents du sol dans le Jura. Mémoires de la Soc. d'Emulation du Jura. Lons-le-Saunier 1891, und am gleichen Orte: Romieux A., Sur la précision des observations entreprises pour l'étude des mouvements du sol à Doucier (Jura). Im Auszuge auch in Gaea 1892. p. 586.

[2]) Spuren von Bodenbewegungen im nördlichen Teile der Waadt während der letzten fünfzig Jahre. Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft von Bern 12. 1894.

P. Kahle zuerst im V. Bande der Geographischen Gesellschaft zu Jena 1893 berichtet. Nach einer neuern Mitteilung[1]) werden in den nächsten Jahren in diesen Gegenden entsprechende Nivellements ausgeführt und ausserdem sollen noch photographische Aufnahmen des Beobachtungsgeländes mit Teleobjektiven vorgenommen werden unter sorgfältiger Vermarkung des Standortes, Angabe der Instrumenthöhe und unter Berücksichtigung aller sonstigen nötigen Vorsichtsmassregeln. Aus diesen Bildern kann man dann bei späterer Wiederholung Anhaltspunkte über die gemutmasste Bodenbewegung und über den Ort und die Grösse derselben gewinnen.

Nach den Angaben von P. Kahle haben auch die Neumessungen der preussischen Landesaufnahme für das Küstennivellement von Stralsund aus durch Pommern und Mecklenburg Änderungen gegen die in den siebziger Jahren daselbst erhaltenen Höhenwerte ergeben, von welchen man glaubt, sie seien säkularer und regionaler Natur.

Von Wahrnehmungen über die Bodenschwankungen bei Gmünd und Affalterach in Württemberg berichtet E. Werner[2]). Er zeigt aber, dass hier nur Veränderungen in der Bepflanzung mit Bäumen und kleine Abrutschungen infolge Verwitterung, Abwaschung und Abbröckelung vorgekommen sind, welche die behaupteten Änderungen (Wachsen des sogen. Rebberges etc.) vollständig erklären[3]).

Das geeignetste Mittel, Höhenänderungen unzweifelhaft nachzuweisen, besteht in der Ausführung von Feinnivellements, wobei zugleich gesorgt werden muss, dass die einzelnen Höhenmarken möglichst sicher angebracht sind. Kleinere Bewegungen scheinen übrigens in der Erdoberfläche ziemlich häufig vorzukommen, auch im guten und sichern Terrain.

So hat C. A. Vogler in neuerer Zeit Untersuchungen über Veränderungen von Höhenmarken innerhalb eines kleinen Bezirks von Berlin anstellen lassen, worüber R. Repkewitz[4]) berichtet, nach welchen sowohl Auf- als auch Abwärtsbewegungen vorkommen, die freilich nur wenige Millimeter betrugen.

Seit 1893 ist zum Studium kleiner Bewegungen der Erdscholle des Telegraphenberges bei Potsdam vom k. preuss. geodätischen Institute um den Gipfel desselben eine hydrostatische Nivellementsanlage erstellt worden, deren Angaben öfter durch geometrische Nivellements kontrolliert werden. Nach einer vorläufigen Mitteilung[5]) sind Bodenbewegungen bis zu 1 *cm* gefunden worden, die Neigungsänderungen bis zu 7″ entsprechen.

Höhenänderungen sind nicht nur von wissenschaftlicher, sondern auch von praktischer Bedeutung. Alle technischen Anlagen rechnen mit der Stabilität der Unterlage. Hebungen, Senkungen oder auch seitliche Verschiebungen[6]) können aber, auch wenn sie langsam vorwärts gehen, doch

---

[1]) P. Kahle: Über Änderungen der Höhenlage. Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft zu Braunschweig 1898.

[2]) Blätter des schwäbischen Albvereins V. Jahrgang. p. 83. 1893.

[3]) Über eine merkwürdige Bodenerhebung, welche tektonischen Ursachen zugeschrieben wird, vergl. Americ. Journ. of Science 1890. 39. p. 220, auch Neues Jahrbuch für Mineralogie 1892. 2. p. 42.

Ferner: W. Seibt, Gesetzmässig wiederkehrende Höhenverschiebungen von Niv. Festpunkten. »Centralblatt der Bauverwaltung 1899.

[4]) R. Repkewitz: Gegenseitige Bewegung einiger Höhenmarken. Zeitschrift für Vermessungswesen. 27. Heft 14. 1898.

[5]) Verhandlungen der Internationalen Erdmessung in Berlin 1895. 2. Beilage 11b, p. 266.

[6]) Über letztere vergl. Hammer »Die Verschiebung einiger Triangulationspfeiler in der Residentschaft Tapanoeli durch das Erdbeben vom 17. Mai 1892.« Zeitschrift für Vermessungswesen 26. Heft 5. 1897, und Messerschmitt: »Die wichtigsten Beziehungen zwischen Geologie und Geodäsie.« 6. Jahresbericht der phys. Gesellschaft in Zürich 1892 und »Das schweiz. Dreiecknetz« 5. p. 170—174, Zürich 1890 und 8. p. 56 und 95, Zürich 1898.

schliesslich solche Beträge erreichen, dass sie nicht mehr vernachlässigt werden können und beispielsweise bei Kanalanlagen, Tunnels u. dergl. störend werden.

In Gegenden, in welchen häufig Erdbeben vorkommen, dürften sich Änderungen am ehesten nachweisen lassen. Für das kroatische Stossgebiet bei Agram konnte von Lehrl und Weixler[1]) bis jetzt wenigstens allerdings nur eine geringe Änderung nachgewiesen werden, aber es steht doch zu erwarten, dass auch in schwächern Erdbebengebieten, wie beispielsweise in der Schweiz, allmähliche Bodenbewegungen stattfinden, die mit der Zeit nachweisbar sind. Hierzu bieten die heutigen Feinnivellements ein günstiges Material für die Untersuchungen späterer Zeit.«

Der Anblick von Berg und Land aus der Vogelperspektive eines Ballons, wird von Prof. Heim nach seinen Erfahrungen bei der Ballonfahrt über Alpen und Jura vom 3. Okt. 1898 geschildert[2]). »Beim Blick vom Ballon herab auf das Land, klare Luft und heller Himmel vorausgesetzt, überrascht stets am meisten die wunderbare Kraft und Harmonie der Farben. Die Wälder sehen aus wie das schönste saftigste Moos, die verschiedenen Farbtönungen verschiedener Baum- oder Waldarten sind viel klarer zu sehen als in der Regel unten auf der Erde. Die Farbunterschiede von Kulturwiese und Naturwiese, von verschiedenen Feldern, Obstbäumen etc. bilden ein herrliches Gewebe. Dazu kommt, dass, vom Ballon gesehen, man häufig jeden Baum sich noch von seinem eigenen Schatten abheben sieht. Die Seen erscheinen mehr in ihrer tiefen blauen oder grünen Eigenfarbe, wenn wir nahe über denselben stehen, während sie uns unten, an der Erde betrachtet, stets zu einem mehr oder weniger grossen Teil oder auch ganz gespiegelte Himmelsfarbe bieten. Alle Farbunterschiede in der Landschaft erscheinen vom Ballon aus viel stärker und lebhafter, viel farbenfrischer, die Luftperspektive ist viel geringer als unten. Dennoch ist das ganze nicht grell, sondern ein wunderbarer harmonischer Duft durchwebt es. Steigen wir höher und höher, so werden die Farbunterschiede geringer, ein feiner Dunstschleier legt sich allmählich zwischen uns und die Landschaft zu unsern Füssen. Bei über 4000 *m* Höhe hat er eine blass violette Färbung. Bei über 6000 *m* schien mir das ganze Land unter uns stets leicht blass, violett, dumpf abgetönt zu sein. Es ist ein viel grösserer Genuss, in geringer Höhe in 1000 bis 2000 *m* über dem Boden zu fahren, als in 3000 bis 5000 *m*.

Schon von hoher Bergkante herab gesehen, verschwinden die Höhendifferenzen in den tiefern Teilen des Gehänges für das Auge, so dass der Absteigende glaubt, bei jenem Baume unten im Thalboden zu sein, während es von dort noch viel tiefer hinabgeht. Vom Ballon aus ist diese verflachende Wirkung im Bilde der Berge noch viel stärker. Die Berge erscheinen unglaublich flach, wie von oben herab zusammengequetscht und imponieren gar nicht mehr. Selbst die beste Beleuchtung giebt bei weitem nicht die vielen Abstufungen

---

[1]) Mitteilung der Geographischen Gesellschaft Wien **15**.
[2]) Die Fahrt der Wega. Basel 1893. p. 53 ff.

in der Schattierung, wie wir sie in Landkarten anwenden, um das Relief herausspringen zu lassen. Fast giebt es nur drei Unterschiede: »besonnt«, »nichtbesonnt (schattig)« und »beschattet (im Schlagschatten)«. Zwischenstufen sind ausser hie und da »im Streiflicht« kaum zu sehen. Der schauerliche Kessel am Nordabhange der Diablerets, der Creux du Champ, war nur durch den verdunkelnden Schlagschatten auffallend. Ich musste lange senkrecht nach unten suchen, bis ich den Rocher de Naye und die Dent de Jaman etc. erkennen konnte. Diese kühn geformten Gipfel sprangen nicht durch ihre Schattierung wie bei einer Reliefkarte in die Augen, sondern ich konnte sie bloss aus dem Verlaufe der umgebenden Thäler und Schluchten und der Wege und Häuser allmählich herausfinden. Dass das Kurhaus Aux Avants höher liege als Glion und Glion höher als Montreux, war aus der Färbung der umgebenden Reben, Kastanienwälder, Tannenwälder und aus dem Verlaufe der Bachrinnen und den Windungen der Strassen zu schliessen, aber der blosse Anblick bot nicht so viel Gebirgsrelief, dass man eine Höhendifferenz dieser Orte ohne weiteres bemerken konnte. Um so auffallender ist es mir geblieben, dass der Neuenburgersee auf den ersten Blick als höher gelegen als der Genfersee erschien.

Besonders merkwürdig war in dieser Beziehung das Juragebirge. Der ganze Jura unter uns erschien überhaupt gar nicht als Gebirge. Hier half der Umstand wesentlich mit, dass die Sonne schon gegen WSW stand, und somit der SO-Abfall und der NW-Abfall der lang gestreckten Juraketten keine starken Beleuchtungsdifferenzen mehr aufweisen konnten. Aus der Höhe erschienen auch die Felswände des Juragebirges sehr gering. Das Einzige, was überhaupt den Jura vom umgebenden Lande unterscheiden liess, war die prachtvoll streifenförmige Anordnung der Wälder und Wiesen. Die einen Wiesenstreifen waren dörferbesetzt, die andern nicht. Die erstern bedeuteten offenbar Längsthäler, die letztern die Weiden auf den Bergrücken. Die Waldstreifen entsprechen den Gehängen der Berge. Wie runde Waldringe mit einem hellen Felsrande erschienen die Kessel, so z. B. gerade unter uns der Creux von Sulpice. Nichts liess Höhe und Tiefe direkt sehen. Nichts liess merken, dass hier 1000 *m* relative Erhebung vorkommen.

Das schweizerische Mittelland zwischen Alpen und Jura erschien völlig flach. Da waren es wiederum bloss die Farben von Wald, Wiese, Feld und besonders die Dörfer, die Strassen und die meist mit Gebüsch berandeten Bäche und Flüsse, welche ein Relief erraten liessen.

Ganz gewiss sind alle Schattierungen in Tönen oder Schraffen oder Horizontalkurven, welche wir in den Landkarten anwenden, um die Vertikalgliederung des Landes zu zeichnen, verglichen mit dem wirklichen Bilde des Landes aus der Höhe gesehen, enorm übertrieben. Die Reliefwirkung unserer Karten ist unvergleichlich gross und stark gegenüber dem Bilde vom Ballon aus. In unsern

Karten springt uns das Relief ins Auge, in Wirklichkeit dagegen viel mehr das durch die Kulturen bedingte Farbenbild, und vom Ballon aus sehen wir nur sehr wenig direkt vom Relief. Indem ich diese Differenz im Anblicke der Landschaft aus dem Ballon und der Karte hervorhebe, will ich unsere Karten durchaus nicht tadeln. Im Gegenteil ist es, wenn ich mich so ausdrücken darf, ein Mangel, dass wir im Ballon so wenig vom Relief sehen. Wir leben aber nicht im Ballon, die Karten sind nicht für die Ballonfahrer gemacht, wir sehen das Relief unten viel deutlicher im Profil der Berge, es hat für uns und unser Leben grosse Bedeutung, und es soll deshalb in der Karte recht deutlich sein. Auch soll die Karte dazu dienen, unserem geistigen Auge die Gesamtform des Gebirges zu vermitteln, und dazu darf sie sich einer geometrisch konventionellen Methode bedienen, die den Zweck erfüllt — ganz unbekümmert darum, ob das Land vom Ballon aus ebenso aussehe oder nicht. Die Karte verhält sich hierin ganz anders als das Relief. Sie ist ja eine konventionelle Darstellungsart, und sie darf eine konventionelle Methode anwenden, um das zum Ausdrucke zu bringen, was wir zu erfassen wünschen. Es ist ebenso berechtigt, die orographische Gliederung in der Karte stark hervorzuheben, sagen wir: zu übertreiben, als es anderseits verkehrt wäre, in einem Relief Schraffur- oder Höhenschichtentöne oder Überhöhung anzuwenden.

Von ergreifender Grossartigkeit war aber der Anblick der Alpen, als wir nicht mehr senkrecht über ihren Gräten, sondern weiter nördlich entfernt in annähernd 6000 *m* Meerhöhe etwa über Moudon standen und von da weiter nordwestlich trieben. Freilich klebten eine Menge von Cumuli an den Gräten und Gipfeln, und über der Ostschweiz lag bis 1400 *m* Nebelmeer. Über uns war der wolkenlose schwarzblaue Himmel, kaum ein Cirrus trübte ihn. Nun erschienen die Alpen als ein enormer, zusammenhängender mehrfacher Wall vom Säntis bis ins westliche Savoyen; wie eine ungeheure brandende See schienen sie in mehrfachen, schäumenden Wellenkämmen uns entgegen zu kommen. Wir sahen sie nun nicht mehr von oben, was sie verkleinert hätte, sondern mehr in einem Gesamtaufriss. Die Formen waren freilich zu klein, zu entfernt, um sie photographisch festzuhalten. Als letzter im Osten erhob sich recht selbständig der Säntis aus dem Nebelmeere. Mit Fernrohr hätten sie uns gewiss von dort sehen können! Mythen, Rigi schauten als Inseln aus dem Nebelmeere hervor, das gerade bis Rigikaltbad reichte. Mürtschenstock, Glärnisch, Tödi, Windgällen, Urirotstock, Titlis, alle die lieben Bekannten, waren leicht zu erkennen. Dagegen mehrten sich die kleinen Ballwolken gegen das Berneroberland hin. Das eine Mal war die Haslijungfrau frei; dann guckte das Finsteraarhorn nadelförmig zwischen den weissen Nebelballen heraus. Ich unterschied deutlich Aletschhorn, Eiger, Jungfrau, Gspaltenhorn, Blümlisalphorn, Altels. Vor den Berneroberländern zwischen Stockhorn und Niesen sah man in ein schattiges blaues Loch, den Thunersee,

hinab. Dann dahinter und weiter rechts erkannte ich die Mischabel, Monte Rosa, Weisshorn, Grand Combin etc. Die genannten Walliser und noch viele andere mehr schauten hoch über den Grat zwischen Wildstrubel und Dent de Morcles hinaus, und man sah deutlich, welch gewaltige Thaltiefe und Thalbreite dazwischen liegt. Der Mont-Blancgipfel schaute niemals aus seiner Nebelhülle, aber seine Lage und Form waren sehr deutlich durch die kleinen ihn umhüllenden und dicht anklebenden Ballwolken angegeben. Dagegen ragte einmal die Aig. d'Argentière und die Aig. du Géant hervor. Die nördlichern Savoyerberge waren fast wolkenfrei.

Zur gleichen Zeit überblickten wir die ganze westliche Hälfte des schweizerischen Mittellandes. Das Nebelmeer des Ostens endigte ungefähr auf der Linie von Neuchâtel nach Bern. Nur wenige vereinzelte kleine Nebelchen schwebten hie und da unter uns. Eines davon hatte eine so scharf begrenzte eckige Gestalt, dass ich bei dessen Anblick erst meinte, einer von uns hätte ein weisses Taschentuch herunterfallen lassen. Das Land war zusammenhängend klar zu überblicken bis Lausanne, wo dann weiter westlich abermals Nebelmeer folgte. Westlich von Genf ragte der Jura über den Nebel hoch hinaus, und der ganze Bogen des Jura von seinem Verschmelzen mit den Savoyeralpen hinaus bis über den Weissenstein war deutlich sichtbar. Auch für den Jura gilt das Gleiche wie für die Alpen: Seine Gestalt war viel deutlicher aus der Entfernung in einer Art Aufriss gesehen als in der Nähe von oben betrachtet.

Keinem von uns wird das Bild aus der Seele erlöschen, das uns in einem Blicke die Alpenwand vom Sentis bis Salève, den Jura und das zwischenliegende Molasseland mit Neuenburgersee, Murtnersee, Thunersee, Genfersee schauen liess, am Horizont gegen Norden weisses Nebelmeer, über uns blendende Sonne am schwarzblauen Himmel — wir selbst in stiller Kälte schwebend hoch über allen Bergen und allen den blendenden Wolkengebilden. Hier fühlten wir uns wie ausserhalb der Erde, hinabschauend auf ein grosses, schönes, liebes Stück Erde — es war beim Geniessen wie ein Traum, es ist uns in der Erinnerung wie ein schöner Traum geblieben und doch, es war ja herrliche Wahrheit!

Gegen den Neuenburgersee sinken wir etwas tiefer und sehen deshalb um so schöner das Gewebe der Ortschaften, Strassen, Felder, Reben, Baumwiesen am Nordufer des Sees. Sehr deutlich erkennen wir die Dünen, welche am SW-Ende des Sees sich seit der Juragewässerkorrektion auf dem trocken gelegten Strande gebildet haben, die einzigen Dünen der Schweiz! Unter uns liegen die Felsklippen der Arpilles und die Windungen der Strasse nach Ste. Croix.

Das Juragebirge, das wir überquerten, war zusammenhängend zu überblicken. Es sah aus, wie eine Schar von kleinen Runzeln in der Erdrinde. Die Höhen waren gar nicht bemerkbar, die Runzeln

aber durch den streifenförmigen Wechsel von Wald, Fels, Wiese deutlich gezeichnet. Alle die typischen Erscheinungen des Jura, seine Längsthäler und Längskämme, Querklusen, Zirkustrichter waren wunderbar wie auf der besten Karte zu sehen, aber auf einer gemalten Karte mit sehr wenig Reliefzeichnung. Die Armut an Gewässern war auffallend im Gegensatze zum Molassenlande. In den Furchen konnte man kaum Wasser sehen. Recht deutlich war das vorherrschend nördliche Überliegen der Ketten und die Abstufung gegen Norden, d. h die Einseitigkeit im Baue des Jura zu überschauen. Ich wünschte in Gedanken Eduard Suess zu uns. Das ganze Bild erinnerte mich an die Runzelsysteme auf der Oberfläche einer erstarrenden Lava oder an die Runzeln einer durch Blasen verschobenen Haut auf heisser Milch, wobei der Schub von Südosten gekommen, und die Falten nach Nordwesten schuppenförmig übereinander gestossen worden sind. Die grosse horizontale Transversalverschiebung im Jura, welche von Mollens bis über Pontarlier reicht und den Lac de Joux östlich absperrt, war von der Höhe sehr auffällig. Sie sah aus, wie ein grosser Schnitt durch alle Ketten, und man konnte sehr gut erkennen, wie die Längszonen an diesem Querschnitte abgeschert und verschoben sind. Das Bild entsprach durchaus demjenigen, das eine geologische Karte giebt. Eine gründliche Spezialuntersuchung über diese merkwürdige Erscheinung könnte sehr wertvoll werden; sie fehlt uns immer noch. Manche der grossen tief greifenden Züge im Antlitze der Erde sind vom Ballon aus überraschend klar zu übersehen, während die kleinern Formen sich verlieren.«

Der Pol der Landhalbkugel. Eine neue Bestimmung der Lage desselben hat H. Beythien gegeben[1]). Der Begriff der Landhalbkugel ist zuerst von Buache 1746 festgestellt worden, und Krümmel hat 1898 eine Methode angegeben, die Lage des Poles einer solchen zu bestimmen[2]). Er hob dabei hervor, dass auf den üblichen Darstellungen der Land und Wasserhemisphäre der Erde das Zentrum der Karte der Landhemisphäre gewöhnlich in irgend eine politische Hauptstadt Westeuropas verlegt werde, und nur einige wenige Altlanten diese Pole nach rein morphologischen Prinzipien 50° nördl. Br. und 0° nach Greenwich setzen. Diese Annahme ist jedoch ziemlich willkürlich, weil keine einigermassen exakte Methode gefunden worden, die genauere Lage des Poles zu bestimmen. Eine solche gab Krümmel, und Beythien hat danach als wahrscheinlichste Lage des fraglichen Poles einen Punkt in 47.5° nördl. Br., 2.5° westl. L. gefunden. Dieser Punkt liegt vor der Loire-Mündung bei Le Croisic. Unter Ausschluss der unerforschten Polargebiete findet der Verf. für die Landhalbkugel 47.8% Land und 52.2% Wasser, für die Wasserhalbkugel 6.4% Land und 93.6% Wasser.

---

[1]) Kiel, Verlag von Lipsius & Tischer.
[2]) Petermann's Mitt. 1898. p. 106.

Über die Asymmetrie der nördlichen Halbkugel hat E. Suess mehreres veröffentlicht[1]), die genauere Darstellung für den Schlussband seines Werkes: »Das Antlitz der Erde«, sich vorbehaltend. Er findet einen in die Augen springenden Gegensatz in der Struktur von Asien und Nordamerika. Die asiatischen Faltenzüge sind in Bogen angeordnet, deren Konvexität nach Süden und Osten gekehrt ist, und in denen die faltende Bewegung von dem Innern des Kontinents gegen aussen gerichtet ist. Die Anlage dieser Bogen reicht bis in die cambrische Epoche zurück. In Nordamerika ist die faltende Bewegung gegen die alte Masse des kanadischen Schildes gerichtet, und diese alte Masse wird in konkaver Linie von Falten umgeben. Die europäischen Ketten bilden einen Übergang von der amerikanischen zur asiatischen Struktur. Der Gegensatz zwischen dem Baue von Nordamerika, der ein Zufliessen der Falten — eine Bewegung gegen innen — zeigt, und des östlichen Asiens, in dem ein Abfliessen der Falten — Bewegung gegen aussen — herrscht, verrät eine bis in die cambrische Zeit zurückreichende seitliche Asymmetrie der nördlichen Hemisphäre. In dieser Anlage tritt eine gewisse Beziehung zum magnetischen Pole hervor, der (Melville Halbinsel) mitten in dem Gebiete des Zuflusses liegt.

Das geotektonische Problem der Glarner Alpen ist Gegenstand einer grossen auf 20jährigen Forschungen beruhenden Arbeit von A. Rothpletz gewesen[2]). Bekanntlich hat A. Heim die in den Glarner Alpen auftretende überaus merkwürdige Erscheinung der Überlagerung jüngerer durch ältere Schichten durch eine liegende Doppelfalte erklärt. Rothpletz stimmt dieser Erklärung nicht bei, bezüglich der Einzelheiten muss auf das Werk selbst verwiesen werden, während hier nur die von Branco gegebene kurze Erläuterung des Hauptinhaltes[3]) auszüglich Platz finden kann. Derselbe sagt: »Es kann sich nach Rothpletz hier gar nicht um eine einfache Doppelfalte, also um eine von Norden und eine von Süden her erfolgte Überfaltung handeln. Einmal nämlich sind die Überschiebungen nicht aus zwei gerade entgegengesetzten Richtungen erfolgt, sondern einerseits aus Ost, anderseits aus Nordwest. Sodann sind die aus Nordwest stammenden Massen zum Teil noch über die aus Osten stammenden hinübergeschoben; der Druck hat also von beiden Seiten her nicht gleichzeitig, sondern zum Teil nacheinander gewirkt. Endlich liegt keineswegs nur einmal das ältere auf dem jüngern, sondern mehrfach wiederholt sich das »schuppenförmig«. Der Verf. weist nämlich nach, dass am Wiggismassiv sich dreimal, am Glärnisch sogar viermal dieselbe Schichtenfolge übereinander wiederholt. Das Wiggismassiv z. B. besteht also aus drei Stockwerken, deren jedes einzelne ganz normal aus Eocän,

---

[1]) Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissens. Matem.-Naturw. Klasse 57. p. 89.

[2]) Jena 1898. Verlag von G. Fischer.

[3]) Naturw. Rundschau 1899. No. 23. p. 286.

Kreide und Jura aufgebaut ist. Diese Stockwerke sind mithin gebildet durch Wiederholungen ganz gleichartiger Schichtenkomplexe, welche ursprünglich nebeneinander lagen und nun durch seitlichen Schub übereinander geschoben sind. Das unterste, basale Gebirge, über welches alle jene Massen von fernher übergeschoben wurden, ist zunächst durch dieselben völlig zugedeckt worden. Erst später wurde es wieder freigelegt, indem das Übergeschobene durch die Erosion zum Teil abgetragen wurde. Dabei zeigt sich, dass das basale Gebirge in enge, hohe, nach Nordwest überkippte Falten bereits zusammengeschoben war, bevor sich jene Überschiebungen vollzogen. Dann wurde von Osten her die Glarner Schubmasse darüber geschoben, bei welchem Vorgange die Überschiebungsmasse aber selbst wieder gefaltet wurde, und zwar in Falten, die teils nach West, teils nach Nord überkippt sind. Dann wurden aus anderer Richtung, von Nordwest her, zwei neue Überschiebungsmassen heran und hinauf gedrängt: eine untere, die Urner, und eine obere, die Schwyzer Masse. Sie sind ebenfalls gefaltet, nach Nordnordwest überkippt.

Nachdem er solches festgestellt, gelangt der Verf. zu dem Schlusse, dass diese grossen Überschiebungen der Glarner Alpen unmöglich durch Faltung entstanden, Faltenverwerfungen sein können. Die Erscheinungen sind dazu zu grossartig. Sie sind vielmehr nach ihm hervorgerufen durch Überschiebungen längs Schubflächen: Es erfolgten Zerreissungen des Alpengebirges der Länge und Quere nach. Die dadurch entstandenen Teilstücke wurden nun auf sanft oder steil geneigten »Schubflächen« vorwärts — aufwärts meilenweit fortgeschoben, und zwar entweder nur eines, oder gar zwei oder drei derselben übereinander getürmt. Dass diese Schubflächen in ihrer zerriebenen, zerquetschten u. s. w. Beschaffenheit die Spuren des Transportes solcher Riesenlasten, welche über sie hinwegglitten, aufweisen müssen, ist ebenso erklärlich wie notwendig. Diese eigentümliche Beschaffenheit der Schubflächen benutzt daher der Verf. gerade zum Beweise für seine Ansicht, dass hier wirklich Überschiebungen vorliegen, nicht aber die Wirkung ausgewalzter und ausgequetschter Schenkel von Falten.

Ursprünglich sind diese Schubflächen meistens, wenn auch nicht völlig, so doch ungefähr, eben gewesen. Späterhin aber, nachdem die Überschiebungen sich vollzogen hatten, sind auch sie wieder durch weitere Rindenbewegungen der Erde gebogen, zu flachen Satteln und Mulden geformt worden. Es lässt sich daher aus der heutigen Neigung der Schubflächen durchaus nicht mit Sicherheit auf die Richtung schliessen, von welcher her die auf ihr übergeschobenen Massen sich vorwärts bewegt haben; denn die Schubflächen steigen heute zum Teil gerade nach der Richtung an, nach welcher sie ursprünglich geneigt waren. Dass bei der Überschiebung so grosser Gebirgsmassen auch innerhalb dieser wieder kleinere Brüche, Zerreissungen und Verwerfungen vor sich gehen mussten, ist selbstverständlich.«

Die Grundlinien der Struktur der Ostalpen sind von Prof. C. Diener dargestellt worden[1]). Seit E. Suess in seiner »Entstehung der Alpen« (Wien 1875) eine Übersicht des Baues der Ostalpen gegeben hat, ist der Versuch einer zusammenfassenden Darstellung der Struktur dieses Gebirges, wenn man von einem kurzen Abrisse der geologischen Leitlinien der Alpen durch Haug[2]) absieht, nicht mehr wiederholt worden. Durch die vereinten Bemühungen zahlreicher Beobachter, insbesondere durch die planmässigen Detailaufnahmen der k. k. Geologischen Reichsanstalt in Wien, sind jedoch im Laufe der beiden letzten Dezennien so viele neue Thatsachen auf diesem Gebiete festgestellt worden, dass nicht wenige unter den bisher verbreiteten Anschauungen den gegenwärtigen auf ein Verständnis des Gebirgsbaues gerichteten Ansprüchen nicht mehr genügen. Die Darlegung Diener's berücksichtigt nun besonders jene Punkte, in welchen eine Erweiterung der positiven Kenntnisse zu einer Änderung der ältern Auffassung zwingt. Wegen der Details muss auf das Original verwiesen werden, hier können nur die Schlussfolgerungen Platz finden, die Diener bezüglich der Grundlinien in Bauform der Ostalpen zieht: »Die Ostalpen bestehen aus mehrern Zügen, die gegen Osten fächerförmig auseinander treten. Der erste dieser Züge umfasst die Flyschzone, die zugleich eine ununterbrochene Verbindung mit den Westalpen vermittelt, die nördliche Kalkzone und jenen Ast der krystallinischen Zentralzone, der vom Bösenstein über St. Michael, die Gneismassen der Kleinalpe, des Mürzthales und der Cetischen Alpen zum Leitha-Gebirge zieht. Dieser Zug steht unter dem Einflusse der böhmischen Masse. Seine Fortsetzung bildet der karpathische Bogen. Der zweite Zug entspricht dem Hauptstamme der Zentralalpen. Er beschreibt ein den variscischen Gebirgsbögen Mitteleuropas paralleles Bogenstück mit nordwärts gerichteter Konvexität. Eine Zone von granitischkörnigen Eruptivgesteinen, die keinesfalls älter sind als die mittlere Trias, scheint diesen Bogen an seiner Innenseite zu begleiten. Es folgt der Drauzug, dessen Faltungen gleichfalls noch eine nordwärts gerichtete Bewegung des Gebirges verraten. Der letzte Zug, die südliche Kalkzone umfassend, geht in das System der dinarischen Falten über. Dieser Zug mit seinen gegen die Adria, nach SW, S und SO gerichteten Faltungen nimmt infolgedessen eine sehr selbständige Stellung im Baue der Alpen ein. Man kann daher Haug[3]) kaum Unrecht geben, wenn er sich aus tektonischen Gründen für eine Dreiteilung der Alpen ausspricht und jede der beiden grossen Hauptabteilungen der Ostalpen: Nordalpen und Südalpen — die letztern in dem ungefähren Umfange der südlichen Kalkzone und mit Ausschluss des Drauzuges

---

1) Petermann's Mitt. 1869 p. 204 ff.

2) E. Haug: Contribution à l'étude des lignes directrices de la chaîne des Alpes (Ann. de géogr. 1896. 5e année. No. 90. p. 167—178).

3) Ann. de géogr. 5e année. No. 90. 1896. p. 167.

— den Westalpen als ein tektonisch gleichwertiges Element gegenüberstellt.

Wenn man das Gesamtbild der Ostalpen ins Auge fasst, so sieht man, dass von einer symmetrischen Anlage des Gebirges nicht wohl die Rede sein kann, und dass die ältern Vorstellungen von einer solchen auf ungenügende Erfahrungen begründet waren. Dieser ältern Lehre gegenüber bekundet die zuerst von Suess in der »Entstehung der Alpen« vertretene Auffassung einen wesentlichen Fortschritt. Aber auch die von Suess damals vorgetragene Meinung, dass der Faltenwurf der gesamten Alpen durch einen einseitigen, von S nach N wirkenden horizontalen Schub bedingt sei, kann mit den neuern Fortschritten in der Erkenntnis der Struktur der Ostalpen nicht mehr in Einklang gebracht werden. Es ist vielmehr notwendig, auch über die Modifikation, die Suess selbst im Jahre 1885 an seiner Auffassung vornahm[1]), indem er die durch die fortschreitende Aufnahme des Gebirges konstatierten südwärts gerichteten Überschiebungen in der südlichen Kalkzone auf ein treppenförmiges Absinken gegen die adriatische Senkung zurückführte, noch hinauszugehen und zuzugestehen, dass in der südlichen Kalkzone der Ostalpen die Anzeichen einer südwärts gerichteten faltenden Bewegung ebenso deutlich sind als solche eines nordwärts gerichteten Schubes in der nördlichen Kalkzone oder Flyschzone[2]). Der periadriatische Randbogen granitisch-körniger, junger Eruptivgesteine erweckt gleichzeitig den Eindruck, als wären wirklich die Südalpen durch eine gegen die adriatische Mulde gerichtete Bewegung von dem nordwärts gefalteten Hauptstamme der Ostalpen abgetrennt worden, und als wären auf dem so entstandenen Risse jene Eruptivmassen hervorgetreten. So erscheinen die Ostalpen gebildet durch die Begegnung und das Aneinanderschliessen zweier Faltensysteme, von denen das eine vorwiegend gegen N, das andere vorwiegend gegen S gefaltet wurde. Dabei ist übrigens im Auge zu behalten, dass auch gegen die Entstehung der dinarischen Falten durch einen einseitigen, gegen S wirkenden Druck die Struktur der nordwärts an der kroatisch-serbischen Masse gestauten bosnischen Flyschzone einen gewichtigen Einwand bildet.

Spuren einer karbonischen Faltung, die zeitlich mit der Aufrichtung der variscischen Faltung in Mitteleuropa zusammenfällt, sind in der Zentralzone und in den Karnischen Alpen nachgewiesen. In der nördlichen Kalkzone, im Drauzug, vielleicht auch in der Bruchregion des südtirolischen Hochlandes fällt eine Phase intensiver Gebirgsfaltung in die Kreideepoche, vor die Zeit der Ablagerung der Gosauschichten. Die jüngste Faltung der Ostalpen fällt in die Tertiärzeit, doch verhalten sich die einzelnen Teile der Ostalpen zu den tertiären Ablagerungen in sehr verschiedener Weise. Die Rolle

---

1) E. Suess: Das Antlitz der Erde I. Bd. 2. Abt. p. 311—360.
2) Vgl. A. Bittner, Verh. k. k. Geol. Reichs-Anst. 1885. p. 24.

einer massgebenden Scheidelinie spielt in dieser Beziehung das Bacher-Gebirge. An die Bruchränder der Gebirgsteile nördlich vom Bacher sind miocäne Schichten angelagert, die südlich vom Bacher noch an an der Faltung teilgenommen haben. In Westslavonien sind selbst noch Paludinenschichten der levantinischen Stufe von der Faltung betroffen worden.

Je grösser die Fortschritte sind, die sich im Laufe der Jahre in unserer Erkenntnis der Struktur der Alpen vollzogen haben, desto schwieriger gestaltet sich das Problem der Gebirgsbildung, desto weniger will es gelingen, die komplizierten Verhältnisse auf eine einfache Grundformel zurückzuführen.«

Die Durchbruchsthäler der nordöstlichen Kalkalpen behandelte Prof. C. Diener[1]. »Von Schwaz in Tirol bis Gloggnitz in Niederösterreich wird die Südgrenze der nördlichen Kalkzone gegen die Zentralzone der Ostalpen durch eine ausgeprägte Depression bezeichnet, die einem fortlaufenden, streifenförmigen Bande von paläozoischen Schiefern und Werfner Schichten entspricht. Die Ausbildung dieser grossen, longitudinalen Depression, über der die Südabstürze der Kalkzone mit mächtigem Schichtenkopfe aufragen, ist ein Werk der Denudation, wenn auch die erste Anlage der in Rede stehenden Längsfurche durch tektonische Verhältnisse, insbesondere durch streichende, zum Teil mit Überschiebungen kombinierte Brüche bedingt sein mag. Es mag dahingestellt bleiben, ob diese Depression noch während der jüngern Tertiärzeit, wie Löwl annimmt, mit einem Längenthale zusammenfiel, das von einem einzigen Flusse über Mittersill, Wagrein, Radstadt und Rottenmann gegen das Murthal zu entwässert wurde. Heute erscheint dieses ehemals einheitliche Längenthal, wenn es jemals als ein solches existierte, zerstückelt, indem sich seine Wasser durch fünf Erosionsrinnen quer durch die gesamten nördlichen Kalkalpen und durch die vorliegende Flyschzone nach dem Alpenvorlande ergiessen. Diese fünf Durchbruchsthäler, die vom Südrande der nördlichen Kalkzone durch diese hindurch bis zum Alpenvorlande reichen, sind jene des Inn (zwischen Wörgl und Rosenheim), der Chiemseer Ache, der Saalach, der Salzach (zwischen St. Johann und Laufen) und der Enns (zwischen Admont und Steyer).

Auch diese Flussdurchbrüche sind, wie bereits vor vielen Jahren von C. W. v. Gümbel betont worden ist, reine Erosionswirkungen. Gümbel's Ausspruch: »Alle Thäler ohne Ausnahme sind in ihrer jetzigen Form Erosionsthäler, welche Ursache auch ihrer ersten Entstehung zu Grunde liegen mag«, dürfte heute wohl kaum mehr den Zweifel irgend eines Alpengeologen herausfordern. Nichtsdestoweniger bleibt noch zu untersuchen, in wie weit ein Zusammenhang in der Lage dieser Thäler und der Struktur des Gebirges erkennbar ist, es bleibt zu ermitteln, ob Anhaltspunkte für die Vermutung von

[1] Mitteil. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1899. 42. p. 140.

Beziehungen zwischen der ersten Anlage jener Durchbrüche und den tektonischen Verhältnissen ihrer Umgebung vorhanden sind, oder ob für jene erste Anlage Ursachen bestimmend waren, die uns heute nicht mehr als solche erkennbar sind und daher nur als Zufälligkeiten erscheinen.

Eine Untersuchung der fünf erwähnten Durchbruchsthäler lehrt, dass diese in Hinsicht auf ihre Beziehungen zur Struktur des Gebirges keineswegs einem gleichartigen Typus entsprechen.

Der Inndurchbruch liegt an der Stelle einer mit einem Abflauen der Intensität der Falten verbundenen Verschiebung der Kalkzone gegen Norden. Die Chiemseer Ache bezeichnet die Grenze zwischen zwei verschiedenen Strukturtypen innerhalb der Kalkalpen. Der Lauf der Saalach ist fast seiner ganzen Erstreckung nach durch tektonische Störungen vorgezeichnet, durch die die einzelnen Stöcke der salzburgischen Plateauregion voneinander getrennt und bis zu einem gewissen Grade individualisiert erscheinen. Der Durchbruch der Salzach von Werfen bis Golling, steht mit der Struktur des Hagen- und Tennen-Gebirges in keinem erkennbaren Zusammenhange; dagegen bildet nördlich von Golling das Salzachthal ebenfalls die Grenze zwischen zwei abweichend gebauten Gebirgsstöcken. Der Lauf des Ennsthales zwischen Admont und Altenmarkt endlich lässt eine gewisse Abhängigkeit von der hakenförmigen Umbiegung der grossen Stauungsbrüche in dem der Südspitze des böhmischen Massivs gegenüberstehenden Teile der nördlichen Kalkzone hervortreten.«

Nachdrücklich hebt Diener hervor, dass, sofern man in diesen Erscheinungen einen Einfluss der Struktur des Gebirges auf die erste Anlage der Querthäler erkennen will, diese in ihrer heutigen Form doch nur als Produkte der Erosion des fliessenden Wassers betrachtet werden können. »Selbst wo Thäler, wie das Ennsthal zwischen Admont und Hieflau mit grossen Dislokationen direkt zusammenfallen, ist die mäandrisch gewundene Flussrinne in den Details ihres Laufes ganz unabhängig von dem Verlaufe der Dislokation. Wie wenig aber die Tektonik des Gebirges für die Anlage der Querthäler allein massgebend war, geht schon daraus hervor, dass manchmal den bedeutendsten Querstörungen gar keine Flussdurchbrüche folgen. Die Salzach durchschneidet das geologisch einheitliche Plateau des Hagen-Tennen-Gebirges, während der Querstörung Strobl—Abtenau—Annaberg—St. Martin, einer der auffallendsten in den nördlichen Kalkalpen, die das Kater-Ramsau-Gebirge von der Osterhorn-Gruppe und das Tennen-Gebirge vom Dachsteine trennt, kein Durchbruchsthal folgt. Die Entstehung der Flussdurchbrüche wird man sich wohl in Übereinstimmung mit Penck und Wähner als in eine Zeit fallend vorzustellen haben, zu der die Zentralzone noch nicht durch eine tiefe Längsdepression von den nördlichen Kalkalpen geschieden war. Dass diese Durchbrüche zum Teil wenigstens bis in die Kreideepoche zurückreichen, ist bereits erwähnt worden. In das Innthal und in den Ennsdurchbruch zwischen Landl und Alten-

markt greifen Gosaubildungen ein, und von der Salzach sind in der Niederung von Salzburg die alten Mönchsberg-Konglomerate abgelagert worden.«

Der tektonische Aufbau des Balkan. Toula hat nunmehr seine 1895 begonnenen Forschungen und Aufnahmen im Balkan abgeschlossen[1]) und damit eine feste Grundlage für spätere Detailstudien geschaffen.

Was die Tektonik der Balkan-Halbinsel anbelangt, so stellt Toula dem westlichen und nordwestlichen Faltengebirge das östliche und südöstliche Schollengebirge mit dem Balkan selbst gegenüber; die Grenze zwischen diesen Gebieten verläuft ungefähr von Volo zu der Mündung der Drina in die Donau. Östlich von dem ausgesprochen gefalteten Gebirge, das die Streichungsrichtung der Dinarischen Alpen aufweist, schiebt sich zwischen dieses und das derselben Streichungsrichtung folgende ostserbische Faltengebirge eine Scholle älterer Gesteine aus SO gegen NW ein, die sich weit im SO an die grosse rumelische Masse anschliesst und sich als ein weit nach NW reichender Teil eines alten Festlandes darstellt, dem vor allem das grosse, altkrystallinische Schollengebirge des Rhodope- oder des Despotogebirges angehört.

In den zwischen den bisher genannten Gebirgen liegenden Landmassen unterscheidet Toula 1. das nordbalkanische Vorland, 2. das der Hauptsache nach gefaltete Balkansystem, 3. das dem Balkan südlich vorgelagerte Mittelgebirge (Sredna Gora) und 4. das Ausbruchsgebirge von Jambol-Aitos-Burgas.

Toula hält den Balkan nicht für ein »einseitiges Schollengebirge«, sondern vergleicht ihn mit den Karpathen. Die Einbrüche, worauf die Thalbeckenkette zurückzuführen ist, die den Südwest- und den Südrand des Balkans begleitet, entsprechen den Einbrüchen am Südfusse der Alpen wie der Karpathen. Wie bei den Karpathen liegt im N eine ausgedehnte Kreidetafel vor, die bis an die Donau reicht, wie bei diesen treten alte Gebirgsschollen im S auf, und sind in dem östlichen, grössten Einbruchsgebiete gewaltige Eruptivmassen zu Tage gefördert worden.

Die Zusammenschiebung und Aufstauchung der Schichten, also die eigentliche Gebirgsbildung, dürfte im östlichen Balkan, wo auch das Oligocän gestört ist, nach dessen Ablagerung und vor Ablagerung der Spaniodonschichten, also im ältern Miocän, erfolgt sein. Im zentralen Balkan sind wiederholte Pressungen anzunehmen, die in ältere Zeit zurückreichen dürften. Wieder anders ist es im westlichen Balkan, wo auch paläozoische Schichten auftreten, die in den übrigen Teilen fehlen. Hier ist im SW eine von balkanischen verschiedene Sedimentzone angepresst; auch die untere Trias spielt hier und bis an den Isker eine wichtigere Rolle. Eocän und Miocän

---

[1]) Denkschriften d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien 63.

fehlen im Westbalkan gänzlich. Hier im W treten auch Plateaus mit Karstcharakter auf. Lücken in den Sedimentzonen lassen auf lange Perioden des Abtrages schliessen, deren wichtigste in die paläozoische Ära fallen dürfte und im zentralen und im östlichen Balkan von viel längerer Dauer war, als im westlichen.

Die Entwickelungsgeschichte des Balkans ergiebt sich im wesentlichen folgendermassen: Ein altes, grosses Festland aus krystallinischen Gesteinen reichte einst vielleicht bis über die Donau weit nach Norden; es zerbrach und versank zum grossen Teile; im Balkangebiete bestand es wohl bis zum Beginne der Trias. Die untere und die mittlere Trias sind durch marine Seichtwasserbildungen von teils ostalpinem, teils mitteleuropäischem Charakter vertreten. Nach einer Unterbrechung folgte eine neue Meeresbildung während der Liasformation. Der Verlauf der Unterbrechung ist in den verschiedenen Teilen des Gebirges verschieden. Verhältnismässig am vollständigsten sind die Kreidebildungen entwickelt, jedoch in verschiedener Fazies. Während der jüngern Kreide begannen Durchbrüche andesitischer Gesteine, die sich im Eocän fortsetzten. Seit der Ablagerung der oligocänen Cyrenenmergel ist der Balkan wieder Festland; hierauf vollzog sich die letzte und wichtigste Phase der Gebirgsbildung.

Eine vergleichende Schilderung des Kaukasus und der Alpen gab Prof. A. Heim auf Grund persönlicher Beobachtung während einer Durchquerung des Kaukasus auf der Strasse von Wladikawkaz nach Tiflis. Die Reise dauerte zwar nur vier Tage, auch konnte von einem ruhigen Untersuchen keine Rede sein, doch gelang es Prof. Heim, teils im Gehen teils im Fahren fast lückenlos der Querstrasse entlang Bergformen und Schichtlagen so zu skizzieren, dass er dann durch Zusammensetzung der Skizzen an der Hand der Dimensionen, die die russische Karte in 1 : 420 000 giebt, ein Querprofil durch den Kaukasus auf der Linie der crusinischen Heerstrasse entwerfen konnte, welches zwar nur ein vorläufiges, auf besseres harrendes und sehr unvollkommenes Bild ist, aber doch etwas mehr als die bisher publizierten Profilstücke bietet und manchem Geologen und Geographen gerade als Übersichtsbild in annähernd richtigen Proportionen erwünscht sein dürfte. Zunächst schildert[1]) Prof. Heim das Gebirge aus der Entfernung von aussen. »Von der Nordseite, also z. B. von der Bahnlinie Piatigorsk-Wladikawkaz gesehen,« sagt er, »gewährt der Kaukasus vielfach ein imposantes Bild. Er erinnerte mich am meisten an die Alpen, gesehen von der bayrischen Hochebene. Seine Vorberge sind aber vielfach sehr langweilig gestaltet. Weithin steigen die Schichten ganz langsam gegen das Gebirge an, während in den nördlichen Randketten der Alpen die Falten nördlich überliegen, und deshalb die Berge ihr steiles Gesicht gegen das Vorland wenden. Nirgends sahen wir den

[1]) Vierteljahrsschrift d. naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1898. 43. p. 25—45.

Kaukasus etwa so wie die Alpen von Zürich, von Bern, vom Jura. Um ein grossartiges Kammbild des Kaukasus zu erhalten, müsste man schon auf die höhern Berge des armenischen Hochlandes südlich von der Kura und dem Rionflusse gehen.«

Eine Art Aufrissbild oder Längsansicht von dem östlichsten Teile der Kaukasuskette gegen das Streichen gesehen, konnte Prof. Heim aus fahrendem Bahnzuge an dem wolkenlosen Morgen des 24. September zeichnen. In gleicher Weise skizzierte er den westlichen Flügel vom Dampfschiffe Xenia während der Fahrt auf dem Schwarzen Meere am 28. September von westlich vorschreitendem Standpunkte aus zu verschiedenen Tagesstunden. »Diese Skizzen zeigen, dass in diesen Teilen nach den äussern Formen der Kaukasus weit mehr an den Appenin, als an die Alpen erinnert. Im landschaftlichen Charakter sind aber das Westviertteil und das Ostende des Kaukasus voneinander ganz verschieden. Die östlichen Ausläufer sind kahle Felswüste, ein vollkommen ödes, enorm von Thälern und Schluchten und Schlüchtchen durchfurchtes gelbbraunes Gebirge. Das westliche Viertel des Kaukasus dagegen ist waldreich. Die Ufererosion durch das Meer arbeitet sogar schneller als die Thalbildung und hat in steilen Uferklippen den Profilschnitt der Thalfurchen und der zwischenliegenden Gräte entblösst, ohne dass die Thalfurchen bisher im Einschneiden dem Meere überall nachzukommen vermocht hätten. Dort also im Ostkaukasus, trotz grösserer Trockenheit wegen der Kahlheit und der Platzregen beschleunigte, hier im Westkaukasus durch den geschlossenen Wald trotz der häufigern, aber ausgeglichenern Niederschläge verlangsamte Thalbildung.

Nur das mittlere Drittel des langen Kettengebirges hat hochalpinen Formentypus. Ganz besonders grossartig ist derselbe in der Granitzone entwickelt, welcher auf der ganzen Linie zwischen Kasbek und Elbrus die höchsten Gräte und Gipfel angehören. Es erinnert besonders von der Südseite an die Alpen aus der Poebene gesehen, aber die Gipfel und Kämme sind im allgemeinen etwas weniger reich und scharf gegliedert als bei den Alpen. Frischer Schnee reichte am 26. September bis ca. 3500 *m* herab.

Die Thalformen, die Pässe im Innern des Kaukasus sind in der Regel den Alpen ähnlich. Besonders an den Gehängen der Thäler des Südabhanges sind bis hoch hinauf oft sehr schöne Fels-Erosionsterrassen, unabhängig von der Beschaffenheit und Lagerung des Gesteines, zu sehen, ganz ähnlich wie in den Alpen. Dagegen sind in den von uns begangenen Thälern der Terek und der Aragwa die Thalstufen bei weitem nicht so kräftig ausgebildet, wie z. B. im Reussthal, Rheinthal u. s. w. Man trifft hier nicht oberhalb steiler Schluchten plötzlich wieder auf flache sanfte Thalböden. Auch die engen Durchbrüche, wie z. B. die Darielschlucht, stellen im Längsprofile keine so prägnanten Abstürze dar, wie ähnliche in den Alpen, z. B. die Schöllenenschlucht. Das Thal der Aragwa hat von Mlety

1474 *m* bis zum Zusammenflusse mit der Kura 485 *m* ziemlich gleichförmiges Gefälle. Auf der enorm langen Strecke ist eine Differenz von Stromschnelle und Thalstufe nicht bemerkbar. Einen Wechsel, wie Rheinwaldthal — Rofna — Schams — Via Mala — Domleschg und viele ähnliche in den Alpen, haben wir auf unserem Querwege nicht getroffen. Der Thalabfall ist also gleichförmiger, nicht so prägnant in Abschnitte gestuft wie in den Alpen. Damit im Zusammenhange fiel mir auch auf, dass die Seitenthäler meist ziemlich flach in gleichem oder nur wenig höherem Niveau in die Hauptthäler münden. Die in den Alpen so gewöhnlichen Steilabstürze der Seitenthäler bei der Mündung ins Hauptthal habe ich in dem von uns durchgegangenen Teile des Kaukasus nicht gesehen. Dementsprechend fehlen auch die grossen Wasserfälle. Ich erinnere mich wohl an Flussschnellen, aber an keinen Wasserfall aus dem Kaukasus, sie treten jedenfalls an Häufigkeit sehr zurück im Vergleiche mit den Alpen.

Die Thalformen des Kaukasus sind auch in ihren Zusammensetzungen im ganzen einfacher, weniger verwickelt, als in den Alpen. Es scheint, dass die Schicksale der Thäler noch weniger mannigfaltig gewesen sind im Kaukasus als in den Alpen. Damit in Übereinstimmung fehlen im Kaukasus die Thalseen vollständig, und das ist eigentlich der am stärksten in die Augen fallende landschaftliche Unterschied, der sehr zu Ungunsten des Kaukasus wirkt. Es giebt nur Bergseen; aber auch diese sind nicht zahlreich vorhanden und meist klein. Die von uns besuchten grossen Querthäler zeigen auch keine andern Spuren dafür, dass eine nachträgliche Einsenkung des durchthalten Gebirges stattgefunden habe. Es fehlen die breiten Alluvialböden, die tief ins Gebirge hineinreichen und gleich an den wilden Stromschnellen abstossen, wie sie in den Alpen so verbreitet sind — es sind somit auch nicht etwa Seen vorhanden gewesen, die seither aufgefüllt worden wären. Der Kaukasus ist noch nicht ins Stadium der Randseenbildung getreten, er entspricht noch den Alpen im Beginne der ersten Interglazialzeit. Man sieht hieraus abermals, dass die Gletscher nicht Seebecken bilden, denn wie Abich und Favre gezeigt haben, reichten z. B. im Thale der Terek die Gletscher weit über Wladikawkaz hinaus; das Thal ist aber dennoch nicht zum Seebecken ausgeschliffen worden.

Das Einzelne der Gestaltung hingegen ist im Kaukasus ganz so wie in den Alpen. Am Absturze der Moränenterrasse im untern Terekthale sah ich Erdpfeiler genau wie in den Alpen. In grosser Zahl treffen wir auf Wildbachgebiete, die ganz wie die alpinen gebaut sind. Aus den Seitenthälern heraus wachsen überall Schuttkegel der verschiedensten Dimensionen. Manchmal frisst der Hauptfluss den Schuttkegelfuss an, manchmal hat auch der Wildbach sich in seinen eigenen Schuttkegel mit dem Hauptflusse wieder tief eingeschnitten; an andern Orten überschüttet er denselben mit grossen Muhrgängen. Die Spuren von allerlei Rutschungen an den

Gehängen und andere Beweise der fortgehenden Formung durch Erosion und Verwitterung sind häufig. Die Grat- und Gipfelformen der höhern Regionen, die Thalgletscher und Hängegletscher, die Schneegräte und Schneemulden, die Lawinenfurchen und Steinschläge, die Schutthalden und Felsen sind in ihren äussern Formen so durchaus gleichartig wie in den Alpen, die Gestalten sind auch hier mit einziger Ausnahme der konischen Gipfel von Kasbek und Elborus so sehr vorherrschend von Erosion und Verwitterung modelliert, dass auch ein Kenner die herrlichen, von Sella photographierten Kaukasusgipfelpanoramen für Bilder aus den Alpen halten könnte. Für die tiefern Regionen freilich, besonders auf der Nordseite und im Gebiete der Heerstrasse, wäre diese Verwechselung deshalb nicht möglich, weil hier im Kaukasus der Tannenwald, sogar überhaupt aller Wald mit Ausnahme an der äussersten Randzone fehlt. Es fehlen die freundlichen Häuser und Dörfer, es fehlt das liebliche Farbengewebe, das bei uns aus dem gepflegten Wechsel von Wald, Wiese und Feld, Hecke, Weg, Haus und Scheune u. s. w. entstanden ist. Das Bild ist trotz gleicher Bergformen ein ganz anderes, ein weit weniger schönes, besonders kein »lachendes«. Landschaften, wie etwa die Umgebungen des Vierwaldstättersees, Thunersees u. s. w. finden sich nirgends im Kaukasus. Schöne Wälder sind in den einsamen Thälern vorhanden, hingegen im Thale der Terek längst vollständig vernichtet. Zur Zeit unseres Besuches, 17. bis 29. September, waren die spärlichen Weiden auf dem Nordabfalle braun und steppenartig; alles sah öde und kahl aus. Erst gegen die Passhöhe wurden die Weiden etwas grün, und am Südabhange sah die Gegend bis gegen Tsilkany in der Vegetation noch frisch aus. Nur an einzelnen Stellen, wie bei Mlety und wieder bei Duschet, bietet der Farbenwechsel von Wiese, Feld und Wald ein wohlthätiges Kulturbild. Dann folgte die verstaubte, verdörrte, steppenartige Umgebung von Tiflis. Nur im Frühlinge kann es dort wohlthuend und schön aussehen.

Es fällt beim Durchqueren des Kaukasus sofort auf, dass die enormen zentralmassivischen Zonen der Gneise und Glimmerschiefer, überhaupt der echten archäischen krystallinischen Schiefer, die andern Hochgebirgen zu eigen sind, im Kaukasus fehlen. In dem Querprofile auf der Linie der crusinischen Strasse giebt es gar keine echten krystallinischen Schiefer, keinen normalen Gneis. Das sonst vielleicht massenhafteste Glied der Erdrinde fehlt!

In ungeheurer Ausdehnung treffen wir noch nicht näher bestimmte paläozoische, meist thonschiefrige, hier und da in Kalkschiefer und Kalksteine übergehende Schichtenkomplexe. Darin sind Spuren karbonischer Pflanzen und einige undeutliche andere, wahrscheinlich paläozoische Fossilien entdeckt worden. Eine nähere Gliederung fehlt, und es würde mich nicht verwundern, wenn später noch ein Teil der Gebilde dieser Zone als jünger sich erweisen sollte. Dem Kaukasus fehlt das Triassystem anscheinend vollständig.

Im Jurasysteme finden wir dagegen mehr Analogien, immerhin ohne wirkliche Faziesgleichheit.

Das Kreidesystem ist am Nordrande im Profile der crusinischen Heerstrasse kaum zu sehen, dagegen haben wir es in der Umgebung von Piatigorsk getroffen. Wladikawkaz und Piatigorsk stehen auf älterem Tertiär (wahrscheinlich Oligocän, nicht Eocän). Am Südabhange ist in unserem Profile die Kreide auch nicht zu finden. Eine Überschiebung des Jura auf Eocän scheint sie verdeckt zu haben. Die Aufschlüsse sind dort sehr unzulänglich. Weiter westlich hingegen soll Kreide vorhanden sein.

Die Tertiärgebilde bauen von Ginvani bis südlich über Tiflis hinaus die Berge und die Thalgründe auf. In ihrer jüngern Hälfte, den Ablagerungen der sarmatischen Stufe, sind sie vielfach im Ansehen vollständig gleich der schweizerischen Molasse mit ihren bunten Mergeln und grauen Sandsteinen. Vulkanische Tuffe bilden einzelne Lager darin. Etwas nördlich Mtzket fanden wir unter einer Ruine an der Strasse einen solchen Tuff, reich an Säugetierzähnen neben Helix und Cardium. Hier aber befinden wir uns schon nicht mehr im eigentlichen Kaukasus, mehr im »kleinen« oder »Antikaukasus«, welchem auch die Region von Tiflis angehört. Es folgt als jüngere Bildung nur noch das Terrassenkonglomerat von Bodorno an der Südseite und die Moränen- und Fluvioglazialterrassen im Terekthale.

Die ältesten Eruptivgesteine des Kaukasus sind als Tiefengesteine entwickelt und entblösst, es sind die Granite. Sie bilden eine bedeutende, nach Favre wohl 225 *km* lange Zentralzone, der die meisten hohen Gipfel und Gletscherausstrahlungsstöcke angehören. Der Granit ist hellfarbig mit dunklem Glimmer. Er gleicht vielen alpinen Graniten zum Verwechseln. Selten nimmt er in einigen Streifen etwas Augengneistextur an. Die Grenze gegen die paläozoischen Schiefer auf beiden Seiten ist den Schichten der letztern ziemlich parallel, zeigt aber deutliche Instrusionen des Granites in den Schiefer. Das ganze Zentralmassiv ist vom Terek in der Darielschlucht durchsägt. Dieser Durchbruch erinnert am ehesten an die Schöllenenschlucht oder die Rofna, hat aber weit weniger Gefälle und keine Wasserfälle. Das Terekthal ist hier am engsten, wo das Gestein am widerstandfähigsten ist.

Die auffallendsten Erscheinungen des Kaukasus sind die modernen Vulkankegel und modernen Lavaströme. Diese Ergusssteine sind Andesite, mehr Hornblendandesite am Kasbek, mehr Augitandesite am Elborus. Ihre zart grauen oder noch öfter leuchtend rötlichen Ströme zeigen meistens herrliche säulenförmige Absonderungen. Aschen- und Schlackenkonglomerate wechseln mit den Laven. Als wären sie noch in Bewegung, so hängen sie vom Kasbek hinab in das Thal und schmiegen sich wie ein Gletscher den jetzigen Bodenformen an. Bei einzelnen deuten vorragende Erstarrungsränder, in den Formen an Moränen erinnernd, das mächtigere Querprofil des Stromes vor seinem Abfliessen in tiefere Teile an. An manchen Stellen, z. B.

bei Sion, haben die Lavaströme das Hauptthal abgedämmt und sind seither wieder vom Flusse durchschnitten worden. Die Moränen der alten Kasbekgletscher im Terekthale unten sind erfüllt mit Andesitblöcken, und mächtige erratische Andesitblöcke liegen auf den fluvioglazialen Terrassen im untern Terekthale. Andere Andesitlaven sind über Moränen geflossen und haben dieselben an ihrem Kontakt verschlackt. Der Kasbek hat in seiner Basis lauter steil aufgerichtete, von alten Diabasen durchschwärmte paläozoische Schiefer. Auf diesen ist der moderne Trachytkegel des Kasbek aufgebaut; derjenige des Elborus liegt auf der Granitzone. Ein Mantel von zahlreichen Eisströmen, Lavaströmen und Schlackenschichten hängt von diesen Kegeln in die Thäler herab. Der Kaukasus hat etwa vier grosse solche Andesiteruptionszentren, daneben noch kleinere. Im Elborus und Kasbek bilden die Andesite die höchsten Gipfel des ganzen Kaukasus. Ihre Formen sind, wie es jungen vulkanischen Aufschüttungskegeln entspricht, konisch und mild gestaltet und bilden darin einen Gegensatz zu den zackig zerrissenen, schon viel länger der Verwitterung ausgesetzten Granitgipfeln, wie z. B. dem Uschba oder dem Kachtan-Tau. Aufschlüsse, die in die Wurzel der modernen Vulkane einschnitten, Andesitgänge in den paläozoischen Schiefern oder die ältern Diabasgänge schneidend, scheinen noch nicht entblösst zu sein. Die Übergüsse von Laven und Schlacken verhüllen sie noch. Aus historischer Zeit weiss man nichts mehr von Ausbrüchen der Vulkane des Kaukasus. Diese Ausbrüche sind teils älter, teils jünger als die Moränen. Sie gehören der Eiszeit und dem Schlusse derselben an. Sie sind jünger als der grösste Teil der Thalbildung im Kaukasus, hier und da haben sie einen Fluss abgelenkt und zu jüngerer Thalbildung auf anderer Linie gezwungen. Die grossen Lavaströme, die gegen Mlety geflossen sind, haben das Wasser an ihre Flanken gedrängt und dort jüngere Thalbildung veranlasst, die zugleich die Lavaströme dazwischen als mächtigen Bergrücken völlig herausgeschält hat. Einige von den ältern Strömen, z. B. ein herrlich säulig abgesonderter Strom bei Kobi, ist wohl 50 *m* tief von jüngerer Thalbildung angerissen. Aber das alles ist nur ein kleiner Bruchteil der gesamten Durchthalung. Die Andesitbergmassen von Elborus und Kasbek scheinen die jüngsten zu sein, denn ihre Aussenformen sind noch am unverändertsten geblieben, am wenigsten durch Thalbildung und Abwitterung verändert. Die Berge östlich Kobi und Sion sind schon viel stärker durchschluchtet.

Mit seinen Vulkankegeln und Laven stellt sich der Kaukasus den Anden verwandt. Im fertigen Kettengebirge sind nachträglich Vulkane ausgebrochen, und zwar nicht in einer Randzone, an einem Bruchrande, sondern in der Zentralzone. In den Alpen ist dies nicht geschehen. Allein wenn morgen z. B. an der Grimsel oder am Gotthard ein Vulkan ausbräche, so wäre das nicht sonderbarer, als die thatsächlichen Erscheinungen im Kaukasus heute sind. Die Alpen sind ein gewaltiges Kettengebirge ohne junge vulkanische

Ausbrüche, der Kaukasus ist ein solches mit jungen Eruptionen. Alle Eruptivgesteine der Alpen sind älter als die Faltung, älter als die Thalbildung, älter als die Vergletscherung. Die Andesite von Elborus und Kasbek sind jünger als die Faltung, jünger als die Thalbildung, zum Teil sogar jünger als die Vergletscherung. Sie sind aufgetürmt worden, während unterdessen die andern Gipfel unter Abtrag modelliert worden sind. Sie sind ganz neue fremdartige Geschöpfe mitten in einem alpinen Gebirge und in Beziehung auf die Formung von diesem zum Teil noch nicht assimiliert.

Die Eruptivgesteine des Kaukasus sind somit im Querprofile von Wladikawkaz nach Tzilkany — denn weiter reicht der eigentliche Kaukasus nicht — bloss repräsentiert durch Granit als altes Tiefengestein, verschiedene Grünsteine als ältere Ganggesteine und die Andesite als moderne Ergussgesteine. Auch hierin somit im Kaukasus wieder viel weniger Mannigfaltigkeit als in den Alpen, selbst wenn spätere Untersuchungen die Zahl der Typen verdreifachen sollte.«

Was die Tektonik des Kaukasus anbetrifft, so spricht sich Prof. Heim dafür aus, dass derselbe unvergleichlich einfacher und einförmiger gebaut ist als die Alpen. Es zeigt sich dies in folgenden Erscheinungen:

»Wir haben ein einziges Zentralmassiv, das Granitmassiv der Darielschlucht; in einer einzigen Zone tauchen die krystallinischen Silikatgesteine durch Faltung herauf. Durchqueren wir irgendwo die zentralern Teile der Alpen, so schneiden wir doch wenigstens zwei Zentralmassive. Das Profil Reuss-Tessin z. B. schneidet das Aarmassiv, Gotthardmassiv und Tessinermassiv, und die Alpen im ganzen haben über 30 durch sedimentäre Muldenzonen umgrenzte Zentralmassive.

Die alpinen Zentralmassive sind meist komplizierte fächerförmige Faltensysteme, gebildet aus krystallinen Schiefern, alten Eruptivgesteinen und umgewandelten Sedimenten. Das einzige Zentralmassiv des Kaukasus besteht nur aus einer anscheinend (wenigstens im Profile am Terek) einheitlichen Granitmasse, welche von Gängen basischer Eruptivgesteine durchschwärmt ist. Kaum dass sich dazu noch etwas Gneis gesellt.

Die sedimentären Zonen beiderseits haben in unserem Querprofile keine Wiederholungen der verschiedenen Schichtsysteme in je zwei oder mehrern Zonen, sondern symmetrisch beiderseits des Zentralmassives folgen nach aussen je eine Zone der paläozoischen Schiefer, dann je nur eine Zone Liasgesteine, je eine Zone Dogger und Malmgesteine, dann Tertiärgebilde. In den Alpen hingegen haben wir drei, vier bis acht Kreideketten, die wieder durch eocäne Muldenzonen geteilt sind, zwei, drei oder mehr jurassische Ketten, die durch Kreide und Eocänmulden geschieden sind, nicht zu reden von den grossen liegenden Überfaltungen, dem Klippenphänomen und dergleichen. Hier im Kaukasus alles je nur einmal — oder doch, falls sich an der Südseite noch grössere Komplikationen entdecken lassen,

immer noch ein viel geringerer, durch Faltung bedingter Wechsel der Gesteinszonen als in den Alpen.

Gewiss kann man sich vorstellen, dass unter der Schar der paläozoischen Falten noch verborgene »Zentralmassive«, d. h. Auffaltungen der krystallinen Silikatgesteine liegen, und es ist denkbar, dass tiefere Erosion in Zukunft solche Kerne erschliessen lässt. Allein den alpinen Zentralmassiven, welche die höchsten Gipfel bilden, könnten sie doch niemals an Bedeutung gleich sein. Obschon ja jetzt die Gipfelhöhen und Thaltiefen den Alpen sehr ähnlich sind, sind dennoch noch keine andern Zentralmassive sichtbar geworden, ausser dem einen gewaltigen zentralen Granitzuge. Aber auch die jüngern sedimentären Mulden fehlen zwischen den Kämmen der paläozoischen Zone. Es kann also der einfachere Bau, der geringere und nicht sich repetierende Zonenwechsel nicht als bloss scheinbar und durch das jetzige Denudationsstadium bedingt angesehen werden. Vielmehr hat eben im Kaukasus, abgesehen von der einzigen Granitzone, durchweg die Faltung viel weniger tief ausgeholt als in den Alpen; die Höhenunterschiede von Gewölbescheitel und Muldenboden sind viel geringer geblieben. Es ist nur eine ganz gewaltige Auffaltung im Kaukasus da, während alle andern beiderseits nördlich in geringerer, südlich in grösserer Zahl und breiterer Zone sich anschmiegenden Falten von viel niedriger Ordnung sind.

Statt dem enormen mannigfaltigen Wechsel in der Schichtstellung in den Alpen treffen wir im Kaukasus alles zusammengeordnet zu einem einzigen enormen breiten Fächer.

Ein weiterer sehr auffallender Unterschied gegenüber den Alpen liegt darin, dass im Kaukasus — offenbar zusammenhängend mit den einfachern grossen Gestalten der Faltung im Gegensatze zu der viel verwickeltern Zerknitterung der Erdrinde in den Alpen — die mechanische Umformung der Gesteine weit weniger intensiv ist als in den Alpen. Der Kaukasus ist mechanisch ein milderes Gebirge als die Alpen. Im Kaukasus hätte man niemals die mechanische Gesteinsumformung durch die Gebirgsbildung entdecken und deren Bedeutung ahnen können. Die höchsten Leistungen der gebirgsstauenden Kraft, die Umlagerung der Moleküle und Atome, die Umbildung der innersten Strukturen sind kaum angedeutet.«

Was das geologische Alter des Kaukasus anbelangt, so kommt Prof. Heim zu dem Ergebnisse, dass die Faltung, durch welche dieses Gebirge aufgetürmt wurde, in die Pliocänzeit fällt, und dass sie schon mehr oder weniger fertig vollzogen und das Gebirge schon durchthalt war, bevor die Andesiteruptionen in diesen Thalgebieten erfolgt sind. Damit steht in Übereinstimmung, dass die Andesitströme fast durchweg in ihrem Gange von den jetzigen Thalformen geleitet sind und die seitherige Erosion nur einen meistens kleinen Bruchteil der ganzen Thalbildung darstellt.

Ferner kommt er zu dem Schlusse, »dass der Kaukasus nicht in verschiedenen Perioden Stück um Stück, sondern wenn auch noch

so langsam, doch in einem Male ganz und gar in der Pliocänzeit aufgebaut worden ist.

In vollkommener Übereinstimmung mit den Lagerungsverhältnissen im Aragwa- und Kurathale stehen die Erscheinungen am östlichen und westlichen Ende des Kaukasus. Bei Baku finden wir die Miocänschichten und sogar noch das untere Pliocän gefaltet, den oberpliocänen Bakukalk aber als flache Decke aufliegend. Bei Kertsch sind die sarmatischen Schichten disloziert. Auch in den Alpen treffen wir das Obermiocän noch gefaltet, Pliocän zum Teil noch mitgehoben, Unterdiluvium an den Thalflanken oder auf den niedrigen Vorbergen als fluvioglaziales Decken- und Terrassenkonglomerat diskordant auf die obermiocänen Schichtenköpfe gesetzt. In den Alpen sind ältere Diskordanztransgressionen (zwischen Carbon und Trias) nur strichweise zu finden, auf weiten Gebieten hat vollständig einheitliche, gleichzeitige Faltung alle Schichten vom Archäischen bis und mit dem Miocän harmonisch ergriffen. Alpen und Kaukasus sind also gleich alt oder, besser geologisch gesprochen, gleich jung. Sie sind beide durch einheitliche Faltung einer vorher gar nicht oder nur strichweise und nur wenig dislozierten Zone während der Pliocänzeit aufgetürmt.

Nachher aber hat sich das Schicksal der beiden Gebirge verschieden gestaltet. Während des Diluviums (in der ersten Interglazialzeit) sind die Alpen etwas nachgesunken und dadurch ihre Thalböden zu Seen ertrunken, im Kaukasus hingegen brachen zu eben dieser Zeit die Andesitvulkane aus. Dort Seebildung, hier Vulkane! Ist vielleicht das vulkanische Leben die Ursache dafür, dass im Kaukasus die seebildende Einsenkung noch nicht stattgefunden hat? Steht vielleicht damit in Zusammenhang, dass der durch die Pendelbeobachtungen im Kaukasus nachgewiesene »Massendefekt« bedeutend geringer ist, als in den Alpen?

Der Kaukasus hat die höhern Gipfel; die höchsten sind die dem schon vorhandenen durchthalten Kettengebirge zuletzt aufgesetzten Vulkane. Allein die Alpen sind strategraphisch, petrographisch und tektonisch doch viel mannigfaltiger, viel grossartiger, sie sind durch einen viel gewaltigern Zusammenschub in der Erdrinde erzeugt worden, als der mächtige Kaukasus.«

Morphologie des Tiën-schan. Eine sehr wertvolle kritisch-litterarische Studie über dieses Glied der Gebirgswelt Innerasiens hat Dr. M. Friederichsen veröffentlicht[1]). Der Name ist chinesischen Ursprunges und bedeutet »Himmelsgebirge«, bezog sich aber ursprünglich nur auf den östlichen Teil des Tiën-schan unserer heutigen Karten. Auf Grund der tektonischen Verhältnisse und Streichungslinien der Gebirge können wir weitergreifend heute von einem Tiën-schan-Systeme reden, wie zuerst v. Richthofen erkannte. Derselbe

---

[1]) Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde in Berlin 1899. No. 1. p. 1 ff

zog zu diesem erweiterten Tiën-schan-Systeme auf Grund der gleichen Hauptstreichungsrichtungen nicht nur das Alai-Gebirge (im Süden des Ferghana-Thales), sondern auch die Pamir-Züge und den Hindukusch.

In überaus klarer Anordnung ihrer grossen Züge springen die einzelnen Glieder dieses Systems, im Osten schmal beginnend, gegen Westen fächerförmig verbreitert, weiter und weiter gen Westen vor, zumeist im Detail ihrer Gliederung wiederholend, was im Grossen ihre Zusammenfassung begründet.

Nur das mittlere Glied dieses Systems ist Gegenstand der Besprechung Friederichsen's.

Als genügend selbständig erscheint der Hindukusch, als eng mit der Pamir verbunden der Alai, durch das Vorherrschen der Nordwest-Streichrichtung dem Altai-Gebirge zuzurechnen, der Tarbagatai. Was zwischen ihm als Nordgrenze und dem Pamir-Alai als Südgrenze liegt, ist Gegenstand der Besprechung, bildet das Gebirgsland des eigentlichen Tiën-schan.

Da kein Gebirge ohne eine gewisse Kenntnis seiner nähern Umgebung verständlich ist, zieht Verf. nicht nur die umgebenden Wüsten- und Steppengebiete, soweit erforderlich, in den Gesichtskreis, sondern auch an den Berührungspunkten die benachbarten Teile des Tiën-schan- (d. h. Pamir-Alai) und des Altai-Systems.

In diesen Grenzen bezweckt seine Arbeit eine Analyse der Gebirgsanordnung, der vertikalen Gliederung, der hydrographischen, geologischen, tektonischen und klimatischen Verhältnisse zu geben, kurz eine Morphologie des Tiën-schan und seiner unmittelbaren Umgebung zu versuchen, und zwar in den Grenzen der durch F. v. Richthofen als Richtschnur für die wissenschaftliche Geographie formulierten These, dass der Gegenstand der wissenschaftlichen Geographie in erster Linie die Oberfläche der Erde für sich ist, unabhängig von ihrer Bekleidung und ihren Bewohnern.

Der Fläming wurde von Dr. E. Schöne geschildert[1]). Dieser Landrücken erstreckt sich von Burg bis Dahme in einer Länge von 116 *km* und zerfällt in drei Teile, die westliche Abflachung gegen die Elbe, das mittlere, wasserärmere Hügelgebiet und die östliche sandreiche und wasserlose Plateaufläche. Die höchste Erhebung ist der 201 *m* hohe Windmühlenhügel bei Hagelberg. In seiner heutigen Gestalt ist der Fläming, speziell in seinem mittlern Teile, ein unregelmässig gewelltes, aus wirr aneinander gereihten, maulwurfshaufenähnlichen Hügeln bestehendes, unter eine mächtige Decke von Geschiebesand getauchtes Diluvialplateau, das stellenweise mit erratischen Blöcken übersät ist, ein Gebiet also, dem zum echten Typus einer Grundmoränenlandschaft nichts weiter fehlt als ein grösserer Reichtum an abflusslosen Weihern, Tümpeln und Moorflächen. Westwärts zum

[1]) Dissertation. Verlag von Duncker & Humblot. Leipzig 1898.

Elbthale verflachen sich die Höhen allmählich derart, dass die Gegend zwischen Zerbst, Burg und Ziësar als eine fast gleichförmig ausgebreitete Ebene erscheint. Erst wenn man sich in der breiten Elbniederung befindet, wird das Terrain wieder etwas lebhafter infolge der hier auftretenden Dünenzüge. Auch ostwärts, nach dem Niederlausitzer Abschnitte des Plateaus zu, ändert sich der oben gekennzeichnete Oberflächencharakter des mittlern Teiles. Auch hier mildert sich in etwas der bewegte Terraintypus der Landschaft. Dafür nehmen ausgedehntere Strecken ebenflächigern Charakter an, während sich auf ihnen der Decksand anhäuft, so dass der Wanderer, wenn er die besser gepflegte Chaussee verlässt, auf den vorhandenen Dorf- und Feldwegen in des Wortes eigenster Bedeutung bis über die Knöchel im Sande waten muss. Nach dem Lausitzer Rücken zu stellen sich auch zahlreichere Thäler und Niederungen ein, die mit kleinen Teichen und Seen von stagnierendem Wasser erfüllt sind, und die daher auch landschaftlich die oben vorgeschlagene Abgrenzung des Flämings vom Niederlausitzer Plateau rechtfertigen. Die dem Fläming eigentümlichen Trockenthäler, Rummel genannt, welche sich nur nach starken Regenfällen oder bei der Schneeschmelze mit Wasser füllen, sind nach Ansicht von Schöne altalluviale Formationen, keineswegs aber diluviale Schmelzwasserrinnen. Der Fläming ist im ganzen keineswegs so sandig und öde, als man meist glaubt, sondern besonders im westlichen Teile vielfach ertragreich und gut angebaut, während allerdings im östlichen Teile die Kiefernheiden überwiegen. »Es charakterisiert sich, sagt zum Schlusse der Verf., die Landschaft des Flämings als Kulturlandschaft, entstanden aus dem Zusammenwirken von Natur und Mensch. Die geologische Vorgeschichte des Plateaus erklärt, dass ihm kühne und energische Züge, wie sie eben nur ein anstehendes Gestein erzeugen kann, fehlen, und dass alle Bodenformen[1]) Ruhe und Stetigkeit atmen; der Mensch hat in diese natürliche Landschaft seine geistige Eigenart hineingebildet und zu den Eindrücken des orographischen Baues zwei kulturelle hinzugefügt, die sich ebenso in den wohlgepflegten Feld- und Waldflächen, wie in den kleinen, aber schmucken und den Charakter der Wohlhabenheit tragenden Dörfchen samt deren Bewohnerschaft erkennen lassen: Behäbigkeit und Behaglichkeit!«

Die Kurische Nehrung. Eine lichtvolle Zusammenstellung aller zur Zeit bekannten allgemein-geographischen Daten über diesen schmalen Landstreifen, der die Abgrenzung des Kurischen Haffes gegen die Ostsee bildet, giebt Dr. A. Zweck[2]).

Dieser Landstreifen ist 1—1.5 *km* breit, an der schmalsten Stelle indessen nur 0.5 *km* (nördlich von Sarkau), an der breitesten

[1]) Die Rummeln und die tief eingeschnittenen Flussthäler, die wohl lokal den Charakter zu ändern vermögen, bilden beim Blicke auf das Ganze eine verschwindende Erscheinung.

[2]) Litauen von Dr. A. Zweck, Stuttgart 1899.

3.5 *km* (bei Rossitten). In sanft geschwungener Linie zieht sie sich an der Süderspitze (45° 43′ 30″ nördl. Br.) bei Memel 96.975 *km* weit nach Süden und Südwesten, bis sie etwa 2 *km* vor dem Badeorte Cranz unter 54° 58′ 30″ nördl. Br. ihr Ende erreicht. — Der Flächeninhalt dürfte gegen 140 *qkm* betragen.

»Mit Nergia (neria, nerga u. dergl.), woraus sich das Wort »Nehrung« gebildet hat, wurde zunächst der Landstreifen zwischen dem Frischen Haffe und der Ostsee bezeichnet, der bereits in einer Urkunde vom 12. März 1258 als Insel »Nergia« vorkommt. Bei der Übertragung auf den nördlichen, ähnlich gebildeten Landstreifen fügte man behufs Unterscheidung das Epitheton »curoniensis« hinzu, da das Haff wegen seiner Lage nach Kurland hin das »Kurische« genannt wurde. Schon in dem alten »Chronicon terrae Prussiae« von Peter von Dusburg († c. 1330) kommt die Kurische Nehrung zweimal unter der Bezeichnung »Neria curionensis« vor. — Von den lettischen Bewohnern wird sie kâpas, von den Litauern an der Ostküste des Haffes kópos genannt.

Es ist eine eigenartige Welt, die sich auf dem »sonderbaren schmalen Damme« darbietet. Als ein Bild vollkommenster Wüste dehnen sich die weissen Sandflächen aus, soweit das Auge reicht. Hier sieht man die Kämme der höchsten Dünen, die bis 62 *m* aufragen, ihrer Formation nach ungeheuern Schneewällen vergleichbar, drohend gegen eine Kulturoase gerichtet; dort senkt sich die schroff abfallende Wand einer »Sturzdüne« in das Haff, unter dem Wasserspiegel ein so festes Gebilde zeigend, dass die Schiffe bis nahe an das Ufer heranzufahren vermögen. Abgerundete Hügel und mächtige Berge, niedrige Ketten und ungeheuere Wälle liegen scheinbar ruhig und friedlich da; aber der Wind treibt auch hier sein rastloses Spiel mit dem losen Sande und lässt trotz der Feuchtigkeit der Luft keinen Pflanzenwuchs den öden Flächen entspriessen.«

Der Sand, welcher das Material zur Dünenbildung liefert und das Resultat der Zertrümmerung des anstehenden Gesteines durch die Wogen darstellt, besteht zum grössten Teile (90—95 %) aus Quarz. Beigemischt sind die (fleischfarbenen) Feldspatkörner, die gewöhnlich als Hypersthen angesprochenen schwarzen Körner und (grüne) Glaukonitkörnchen. Was die Grösse der Körner betrifft, so sind die Sande der Nehrung meistenteils mit der gröbern Sorte des sogenannten Maurersandes zu vergleichen.

Bei der Wanderung nach Osten haben die Dünenberge vielfach ihren Fuss unmittelbar in das Haff gesetzt. Dabei ist dann der bläuliche, muschelreiche Haffmergel an manchen Stellen durch den ungeheuern Druck 3—5 *m* über den Wasserspiegel emporgepresst, so dass er sich wie ein kleiner Gegenwall der Sturzdüne gegenüber aufrichtet. — Diesem Mergelboden entspriesst eine üppige Vegetation, und sie bietet einen kleinen Ersatz für die am Haffufer verschütteten Fluren.

Einzelne Teile der Dünenkette lösen sich hier und da bei der Wanderung von dem Sandwalle los und wandern ins Haff. Sie werden verweht und bilden ein flaches Vorland, die sogenannten Haken (lit. rágas, lett. rags: Horn), die teils nackt, teils dürftig bewachsen sind und einen beliebten Aufenthaltsort für die vielen Scharen der Haffmöven bilden. — Im Norden, wo das Stromwasser nahe an die Nehrung herantritt, finden sich diese Haken selten und zeigen eine nur unvollkommene Bildung, weil hier die Sandmassen teils durch die Strömung, teils durch Baggerung der Fahrrinne weggeschafft werden.

Als eigenartige Gebilde der Nehrung sind ferner die halbkreisförmigen Ausbuchtungen einzelner Berge nach der Haffseite hin zu erwähnen. Sie verdanken ihre Entstehung dem Umstande, dass die Seiten eines frei dastehenden Berges vom Winde leichter angegriffen und rascher vorgeschoben werden als die Hauptmasse. Diese vorgeschobenen Teile eilen dem Berge voraus, ohne sich von ihm loszulösen, und bilden vorgestreckte Flügel, die mit ihren nach innen steil abfallenden Sandwänden einen halbkreisförmigen Raum einschliessen.

Da die Wanderdüne im Durchschnitte alljährlich 5—6 *m* nach Osten vorrückt, muss an der Seeseite der verschüttete Boden im Laufe der Zeit naturgemäss wieder frei werden, wenn der Wind nicht genügende Sandmassen nachtreibt. Die verschütteten Dörfer und Wälder feiern ihre Auferstehung! Man erwarte aber nicht, grossartige Dorfruinen zu finden, die das Bild schreckhafter Zerstörung an sich tragen. Bei dem langsamen Vorschreiten der Düne ist es den Bewohnern stets möglich, in voller Ruhe ihre Häuser abzubrechen und das brauchbare Material wegzuschaffen. Es kommen also nur Ziegelreste, Tennen, hier und da niedrige Grundmauern, Scherben u. dergl. wieder zum Vorscheine. — Ebensowenig vermögen die freigelegten Wälder einen bedeutenden Eindruck zu machen, weil die von dem Dünenstande gefällten, übereinandergestürzten und in den Sandmassen begrabenen Stämme sich auch in verdorrter Gestalt nur teilweise wieder den Blicken der Menschen zeigen. Sobald ein kleiner Teil aus dem Sande hervorragt, wird er zerbrochen und zerrieben. Nur festere Stämme halten stand und ragen zuweilen 1—5 *m* über dem Dünensande empor.

Ein deutliches Beispiel für das Fortschreiten der Dünen bietet das Dorf Kunzen, das noch am Anfange des verflossenen Jahrhunderts am Ostfusse der Wanderdüne stand. In den dreissiger Jahren türmte sich diese bereits in der ganzen Höhe darüber auf, und gegenwärtig ist sie so weit nach Osten vorgerückt, dass die verwehten Reste der abgetragenen Häuser von neuem blossgelegt und auf der westlichen Seite der Wanderdüne zu suchen sind.

In den letzten Jahrzehnten ist der Mensch an verschiedenen Stellen darangegangen, die gewaltigen Sandriesen zu bannen, um wenigstens die letzten Kulturoasen zu retten; auch um zu verhindern,

dass die Wanderdüne ihren Fuss in die Fahrrinne setzte, die sich von Memel bis Schwarzort am Rande der Nehrung hinzieht. So beginnt auf den Sandbergen, die über dem zweiten Walde lagern, an vielen Stellen sich ein dritter Wald zu erheben. Naturgemäss müsste er ebenso wie die frühern den herangewehten Sandmassen erliegen oder würde vielmehr gar nicht aufkommen können, wenn der Mensch nicht künstlich ähnliche Zustände geschaffen hätte, wie sie bei der Bildung der frühern Waldungen bestanden haben. Dies ist durch die Anhägerung der sogenannten »Vordüne« geschehen. — In einiger Entfernung von der Seeschälung wurde der Flugsand durch niedrige Strauchzäune festgehalten und häufte sich zu einem langen Walle auf. Dieser erhielt eine genügende Bepflanzung mit Sandgräsern (Arundo arenaria und Elymus arenarius), um die weiter nachwehenden Flugsandmassen festhalten zu können. — Die Gräser werden durch den Sand, der sie überweht, nicht erstickt; sie verkommen vielmehr allmählich, wenn die Sandverwehungen aufhören. Da sie immer von neuem kräftig aus dem Sande hervorspriessen, so erhöht sich die Düne, sobald sie in der nötigen Breite bepflanzt ist, von selbst; es bildet sich ein mächtiger Wall, der vielfach, wie zwischen Memel und Schwarzort, einer künstlichen Aufschüttung durch Menschenhand in der äussern Form nicht unähnlich ist.

Im Jahre 1829 reichte die Vordüne von Cranz bis etwa 7 *km* hinter Sarkau, 1864 hatte sie eine Länge von 29110 *m*, in den Jahren 1872—1875 allein wurden weitere 15763 *m* von der Vordüne angehägert, und gegenwärtig verläuft sie 5—9 *m* hoch in ununterbrochener Linie von der Süderspitze bis Cranz. Leider müssen wir auch hier wahrnehmen, dass »die Elemente hassen das Gebild' der Menschenhand«. — Immer von neuem wird der Schutzwall durch Windrisse und Abspülungen gefährdet und bedarf alljährlich der Ausbesserung. Er bildet, wie Passarge sich ausdrückt, die »immer blutende Wunde, die zeitweise benarbt, aber nicht heilt«. So lange indessen der Mensch diesem Schutzwalle die nötige Pflege angedeihen lässt, erfüllt er seine Aufgabe. — Zwar bietet die Vordüne nicht vollständigen Schutz; der Sand, den ein starker Westwind auf dem Kamme der Vordüne zwischen Schwarzort und Memel uns in das Gesicht peitscht, zeigt deutlich, dass er hier noch weit mehr als mannshoch über die Düne hinweggejagt wird; aber die Hauptmassen werden festgehalten, und durch den hinübergewehten Flugsand können sich die Sandwälle hinter der Vordüne nicht wesentlich erhöhen, während diese selbst durch die Seewinde allmählich weiter nach Osten getrieben werden. So hat sich hinter der Vordüne, wo die Sandmassen nach Osten weggeweht sind, ohne dass neuer Flugsand vom Strande hingetrieben wurde, ein breiter Streifen Landes gebildet, auf dem der Sand zum Teil bis auf den feuchten Untergrund weggefegt ist, zum Teil in bald höhern, bald niedrigern Hügeln, den sogenannten »Kupsten« (lit. kùpstas, kur.: kanguri) lagert. Es ist dies das sogenannte »Kupstenterrain« oder die »Zwischendüne«, die

entweder benarbt eine sogenannte Palwe bildet oder mit Bäumen bepflanzte Waldungen trägt, zum Teil auch noch nackt daliegt.

Nach Anhägerung der Vordüne ist die Möglichkeit gegeben, auch die Wanderdüne mit Erfolg zu bepflanzen und sie dadurch am Weiterschreiten zu hindern. Diese Anpflanzung ist am ausgedehntesten auf dem nördlichen Teile der Nehrung, wo die weiter schreitenden Sandberge nicht nur die Fahrrinne im Haffe, sondern auch den Memeler Hafen zu vernichten drohten.

Auf der Zwischendüne begleitet den Westfuss der Wanderdüne eine Kette von Triebsandstellen, an manchen Stellen von äusserst gefährlicher Beschaffenheit. — Dieser Triebsand entsteht dadurch, dass das am westlichen Abhange herabsickernde Wasser sich auf den festern Schichten, die eben erst von dem gewaltigen Drucke der Wanderdüne befreit sind, ansammelt und nach der Oberfläche steigt, den Sand durch langsames Abfliessen halb in der Schwebe haltend. Von Westen her überweht, bedecken sich diese Stellen mit einer mehr oder weniger dicken Kruste, die an der Oberfläche mit dunkeln oder lauchgrünen Flecken und Streifen gefärbt ist und keine Spur von Pflanzenwuchs zeigt. Bei trockenem Wetter erreicht diese Kruste eine Stärke von 18—21 *cm*, so dass ein Mensch ohne Gefahr sie zu betreten vermag; durchbricht man aber die Decke, so geraten bei grösserer Tiefe des Triebsandes Menschen und Tiere in Lebensgefahr.«

Die Halbinsel Kola schilderte Fr. Immanuel[1]). Sie gehört nach Geologie, Klima, Bevölkerung noch zu Skandinavien, denn sie bildet den östlichen Ausläufer der nordskandinavischen Gebirge und stellt den Übergang von diesen zur Zone des Tundragebietes, des durch Ebenen an der Petschora gekennzeichneten russischen Nordostens dar. Die Halbinsel, auch das russische Lappland genannt, deckt sich mit dem Kreise Kola und umfasst bei einer Länge von 565 *km* (NW nach SO) und einer mittlern Breite von 250 *km* einen Flächenraum von rund 150000 *qkm*, dem Areal von England mit Wales etwa entsprechend.

Die Halbinsel ist eine breitgewölbte Hochfläche aus Granit und Gneis mit wenigen schwach hervortretenden Ketten. Dagegen fallen die Ränder steil und zerklüftet zur See hin ab, an der Nordküste vielfach fjordartig gestaltet, der Uferbildung Norwegens vergleichbar. Der ganze Westen, d. h. das Hochland westlich des Einschnittes des Imandra-Sees, zeigt Ähnlichkeit mit Nordfinnland: eine schwach bewaldete, von Sümpfen bedeckte Hochebene mit niedrigen, scharf geschnittenen Granitketten, dazwischen weitgedehnte, inselreiche Seen, verbunden durch tief eingeschnittene, über Felsengeröll stürzende Flüsse und Bäche. Zwischen dem Golfe von Kandalakscha im S und der Bucht von Kola im N zieht sich eine deutlich ausgeprägte

---

[1]) Petermann's Mitt. 1899. p. 134.

Senke, welche zugleich die einzig gangbare, 235 *km* lange Landverbindung zwischen dem Weissen Meere und der Murman-Küste herstellt. Inmitten dieser Senke liegt der 107 *km* lange (von SW nach NO), 5 bis 30 *km* breite (von W nach O) Imandra-See auf der Höhe von nur 60 *m* über dem Eismeere. Nach S hin hat der Imandra-See durch das Flüsschen Niwa Abfluss nach dem Golfe von Kandalakscha, während ihm von N her durch den 5 *km* langen Bach Kurenga die Wasser des 13 *km* langen Sees Perejawer (»jawer« loparisch = See) zuströmen. Nordwärts des Perejawer erhebt sich eine niedrige, kaum merkliche Wasserscheide, an deren nördlichem Rande, nur 1100 *m* von der Nordspitze des Perejawer entfernt, der See Kola sich hinzieht; diesem See entfliesst das dem Eismeere zugehörige Flüsschen Kola. Eine Wasserverbindung Kandalakscha—Kola, welche früher oft vorausgesetzt wurde, besteht somit in Wirklichkeit nicht. Westlich und östlich des Imandra steigen Berggruppen von verhältnismässig beträchtlicher Höhe empor: im O das Granitmassiv der Chibinskischen Kette (loparisch; Umbdek), in den untern Teilen von prachtvollen Kiefernbeständen, auf dem flachgewölbten, 760 *m* hohen Rücken dagegen von ewigem Schnee bedeckt. Das Land im O des Imandra, die Halbinsel Kola in engerem Sinne, bildet eine wellige Hochebene in einer mittlern Lage von 100 bis 150 *m* Höhe mit flachen Mulden, in welche seichte Seen, Sümpfe, Torfmoore, gegen N hin Tundren auf felsigem Untergrunde eingebettet sind. In der wärmern Jahreszeit, sobald die obern Erdschichten in einer Tiefe von 0.7 bis 1.5 *m* auftauen, bedeckt sich der Boden mit einer feuchten, elastischen Moosschicht. Der Wasserreichtum des Landes beschränkt den Verkehr auf die niedrigen, durch Granit- und Gneisklippen bezeichneten Höhenzüge, welche sich, nur den loparischen Jägern und Hirten bekannt, als natürliche Pfade durch das Gewirre von Sumpf und Wald hindurchwinden. Zahlreiche, in sumpfigen Niederungen fliessende Wasserläufe ziehen sich nach allen Seiten zu den Küsten hinab, zum Teil in ihrem Quellgebiete durch See und Morast miteinander verzweigt, da die Wasserscheide nicht überall scharf gezeichnet ist. Die grössern Flüsse sind: die Umba und Warsuga zur Süd-, der Ponoj zur Ost-, die Woronja zur Nordküste; der bedeutendste dieser Flüsse, der Ponoj, hat eine Länge von 225 *km*.

Das Klima ist im Innern und im S der Halbinsel verhältnismässig weit rauher als am Nordufer, namentlich als an der Murman-Küste, deren eigenartiges Klima Verf. später bespricht. Die Vegetation im S und SW, besonders um den Imandra-See und an seinen Zuflüssen, zeigt gut entwickelte Fichten- und Kiefernwälder, in welche sich noch mehr nach S hin hochstämmige Edeltannen, selbst lichte Laubwaldungen (Birken, Espen, Eschen, Erlen) mischen. Das Thal der Niwa und die Buchten des Imandra tragen schöne Wälder: die stillen Seespiegel, die über Felsklippen stürzenden Waldbäche, die von Flechten überzogenen Baumriesen, der frische Moosteppich

verleihen im Sommer dieser menschenleeren nordischen Landschaft einen eigenen Reiz und gestatten den Vergleich mit dem gerühmten finnischen Granitplateau. Im Innern der Halbinsel, auf felsigem, in geringer Tiefe dauernd gefrorenem Boden, unter dem Hauche der rauhen kontinentalen Winde, sinkt die Vegetation zu einem spärlichen, krüppelhaften Baumwuchs herab. Der Zwergkiefer reiht sich nach N hin die kriechende Zwergbirke (Betula nana) an, bis auch diese an der Felsenküste des Nordufers auf die geschützten Stellen der Buchten eingeschränkt wird. Hier kommen zwischen dem Moose der Tundren, wo sich auf dem Felsen eine leichte Erddecke bilden konnte, nur noch einige harte Beerenarten (Heidelbeere, Sumpfbrombeere, Rauschbeere) kärglich fort.

Interessanter als das Innere der Halbinsel Kola sind deren Küsten. Die Südküste — das Kandalakscha-Ufer von dem Dorfe Kandalakscha bis zum Flüsschen Warsuga — ist ebenso kalt und geradeso nur von einer armen Fischerbevölkerung bewohnt, wie die Ostküste — das tjerskische Ufer von der Warsuga bis zum Swjatoj Noss, höchstens dass sich bei zunehmender Kolonisation von hier aus die Robbenjagd mit günstigen Aussichten betreiben lässt.

Die Murman-Küste — 375 *km* lang vom Swjatoj Noss bis zum Flusse Worema an der norwegischen Grenze — zerfällt in zwei, durch die Bucht von Kola getrennte Abschnitte: der östliche ist der grössere, aber durch Küstengliederung und Klima weniger begünstigt als der westliche, auf welchen sich alle, die wirklichen wie die erhofften Vorzüge der Murman-Küste vereinigen. Das Ufer, insel- und klippenreich, wild zerrissen und durchfurcht von den fjordartigen Einschnitten der Flussmündungen, durch weit ins Meer hinaus vorspringende Halbinseln vielgestaltig gegliedert, stellt im allgemeinen eine hohe, steil abstürzende Granitmauer dar. Oft bleibt zwischen dem Fusse der Uferfelsen und dem Meere nicht der geringste Raum zu Niederlassungen; anderwärts lassen sich, namentlich an den Buchten der Flussmündungen, Stellen mit sandigem, lehmigem, aber meist von Torflagern durchsetztem Boden finden, in welche Ansiedelungen sich einschmiegen können. Der felsige Uferrand erreicht im O der Bucht von Kola eine durchschnittliche Höhe von 160 *m*, während im W die Küste ihren wilden Charakter verliert und allmählich, bei einer mittlern Erhebung von 100 *m*, zu der mehr plateauartigen Bildung der norwegischen Küste am Varanger-Fjord übergeht. Bemerkenswert sind von dem östlichen Teile der Murman-Küste die beiden jäh aus dem Meere sich auftürmenden Felseneilande Klein-Olenij- (d. i. Rentier-) Insel und Kildin; letztere steigt fast bis zu 200 *m* empor und enthält auf der Hochfläche des Innern salzhaltige Seebecken (Reliktenseen), welche mit dem Ozeane in Verbindung zu stehen scheinen. An dem westlichen Küstenabschnitte springt die von 120 bis 135 *m* hohen, schwarzen Schieferfelsen durchsetzte Rybatschij- (d. i. Fischer-) Halbinsel, durch die beiden ganz schmalen Landengen nochmals in zwei Teile zerlegt, etwa 35 *km* weit in das

Meer hinaus vor. Sie besitzt in ihren tiefeingeschnittenen Buchten treffliche Anker- und Fischereiplätze, während die Lage der Halbinseln weit vor der langgestreckten Küste wesentlich dazu beiträgt, den Anprall der Meeresströmung zu brechen und hierdurch günstige Schiffahrtsverhältnisse für das Murman-Ufer selbst zu schaffen. Dieser Schutz kommt vornehmlich der Bucht von Kola und dem an der Einfahrt in dieselbe gelegenen Katharinenhafen zu gute. Der östlichste Teil der Murman-Küste ist den Stürmen schutzlos preisgegeben und gilt zur Zeit der Herbstnebel und polarischen Nacht, da das klippenreiche Ufer nur ungenügend beleuchtet ist, für sehr gefährlich.

Das Murman-Ufer erfreut sich im Durchschnitte genommen, eines Seeklimas, welches weit milder ist als das kontinentale Klima von St. Petersburg und Moskau; dieses zeigt wochenlange Wintertemperaturen von — 10 bis 15° C., während der Hafen von St. Petersburg während einiger Monate vom Eis fest geschlossen gehalten wird. Schon auf kurze Strecken landeinwärts von der Murman-Küste, ja bereits an der tief eingeschnittenen Mündung des Kola-Flusses bei der gleichnamigen Stadt, tritt die wärmende Wirkung des Golfstromes zurück, denn dieser Hafen trägt eine monatelange Eissperre, während der Katharinenhafen, nur 50 *km* weiter nördlich, aber nahe dem offenen Meere gelegen, eisfrei bleibt. Treibeis aus polarischen Meeren, welches die Küsten Ostasiens und Kanadas bis weit nach S hin so sehr belästigt, erscheint überhaupt nicht an der Murman-Küste, sondern erreicht die nordrussische Küste erst an der Nordspitze der Halbinsel Kanin, da der wärmende Einfluss und die Richtung des Golfstromes verhindert, dass das schwimmende Polareis näher als etwa bis auf 200 Seemeilen an die Küste westwärts von Kanin-Noss herankommt. Dagegen gelangt aus dem Innern der Flussmündungen, auch aus der Kola, durch den Süd- und Südoststurm Ufereis in die Murman-Buchten, jedoch nur in so geringem Masse, dass die Schiffahrt nicht behindert wird, und sogar in besonders kalten Wintern eine Offenhaltung der Häfen durch leichte Eisbrecher möglich ist, eine Erscheinung, welche an der norwegischen Küste vor dem Varanger-Fjord alljährlich hervortritt.

Der nördliche Teil von Labrador vom Richmond-Golf zur Ungava-Bai ist von A. P. Low bereist worden. Längs des östlichen Ufers der Hudson-Bai vordringend, erforschte er zunächst den Richmond-Golf, der von der Hudson-Bai durch einen hohen und schmalen Bergrücken getrennt ist, welcher aus kambrischem Gestein besteht, von Trapp überlagert ist und Klippen bildet, die sich 150 bis 365 *m* über dem Wasserspiegel erheben. Zwischen dem Golf und dem Clearwater-See findet sich eine Hochfläche, die durchschnittlich 228 *m* hoch ist und aus abgerundeten Granitkuppen mit zahlreichen dazwischen liegenden Seen besteht. Nördlich vom Clearwater-See liegt der Seal-See, der seinen Namen von den Seehunden

erhalten hat, die darin leben. Low glaubt, dass die Anwesenheit dieser Tiere in dem See, gegen 150 *km* vom Salzwasser und in einer Höhe von etwa 240 *m*, kaum auf Wanderung zurückgeführt werden könne, obwohl es bekannt ist, dass die betreffende Seehundsart (harbour seal) beträchtliche Entfernungen über Land zurücklegt. Low ist vielmehr der Ansicht, dass der Seehund den See während der Senkung des Landes gegen Ende der Gletscher-Periode erreicht haben müsse. Jedenfalls pflanzt er sich fort und gedeiht gut unter den veränderten Verhältnissen. Low erstreckte seine Untersuchungen bis Fort Chimo, dem nördlichsten Posten der Hudson-Bay-Company in Labrador. Das Gestein, welches er auf dem Weg antraf, besteht hauptsächlich aus gefaltetem Granit (Laurentian). Auch andere Eruptivgesteine, wie auch quarziger Dolomit und Schieferthone (kambrisch) wurden gefunden. Das Vorkommen von Schrammen und andern Gletscher-Erscheinungen liefert den Beweis, dass die ganze Gegend zur Eiszeit vergletschert gewesen sein muss, und dass die Gletscher sich nach aussen von einem Gipfel (névé) in der Nähe der gegenwärtigen Wasserscheide herabbewegten. Auch alte Strandlinien wurden beobachtet[1]).

Veränderungen an der niederländischen Küste 1897[2]). Durch Vergleich von April 1896 mit April 1897 ergiebt sich, dass längs des ganzen Strandes von Delfland der Dünenfuss im Mittel 5 *m* seewärts verschoben wurde. Die Hochwasserlinie verschob sich im Mittel ± 1 *m* seewärts, während die Niederwasserlinie sich im Mittel ca. 3 *m* landwärts verschob[3]). Der Rückgang im Jahre 1896 wurde in diesem Jahre grösstenteils wieder gewonnen, aber die Sturmflut vom 29. November 1897 beseitigte den Verlauf der Aussendüne von Terheide (Strandpfahl 112) bis Scheveningen (Strandpfahl 101 bis 99) zum grossen Teile, so dass an vielen Stellen ein Steilabfall entstand, der bis zur Krone reichte.

Die Dünen von Rijnland hatten im Jahre 1897 in der Provinz Südholland seit der letzten Messung eine Zunahme des Dünenfusses von ungefähr 6 *m* erfahren, also ein Zuwachs. Da Hoch- und Niederwasserlinie unverändert blieben, kann man annehmen, dass die Zunahme hauptsächlich besteht in einer Anhäufung längs des Dünenfusses, ohne dass der Strand hierdurch Veränderungen erfuhr.

Dass die Dünen in Nordholland besondere Sorgfalt in Anspruch nehmen, ist nicht allein aus den Massregeln zu entnehmen, zu welchen die Provinz in Gemeinschaft mit dem Reiche sich 1898 entschlossen hat, um die Dünen bei Callantsoog künstlich zu verstärken, sondern auch aus den Strandmessungen. Hieraus sehen wir, dass

---

[1]) Nature, 26. Januar 1899, p. 301; Globus 75. p. 435.

[2]) Petermann's Mitt. 1899. p. 40, aus Tijdschr. K. Ned. Aardrijksk. Genootschap, Amsterdam 1898. 15. No. 5. p. 760.

[3]) Da die Niederwasserlinie sich im Mittel 3 *m* landwärts verschob, so ist der Zustand ein nur anscheinend günstiger. Früher oder später folgt eine landwärtige Verschiebung von Hochwasserlinie und Dünenfuss.

im September 1843 bis September 1897 an den Dünen längs der Nordseeküste von Nordholland folgende Veränderungen vor sich gegangen sind.

	Dünenfuss im Mittel		Hoch-wasserlinie im Mittel	Nieder-wasserlinie im Mittel
	Länge in Metern	Verlust — Gewinn + in Metern	Verlust — Gewinn + in Metern	Verlust — Gewinn + in Metern
Von Kijkduin[1]) bis de Kaap[2]) . .	8000	—23.665	—14.22	+ 4.11
» de Kaap bis Callantsoog[3]) .	5000	—88.20	—78.80	— 67.2
Weiter bis Petten[4])	7950	—52.00	—37.50	— 17.375
Von Kamperduin[5]) bis Bergerslag[6])	7290	—62.375	—61.875	— 25.875
Weiter bis Egmond a. Z.[7]) . . .	4660	—18.40	+14.20	+ 8.00
» » Wijk a. Z.[8])	14000	— 9.145	+ 2.715	+ 25.57
» » Breesaperweg[9]) . . .	3450	+73.33	+24.366	+273.00
» » Zandvoort[10])	10550	+21.09	+43.18	+ 75.27
» » Pfahl No. 67[11]) . . .	5000	+19.20	+33.60	+ 76.60
Mittel über die ganze Länge der Dünen, an welchen Messungen vorgenommen wurden	65900	—18.25	+ 2.44	+ 26.16

Seit der Messung von 1843 erfährt also Nordholland im Mittel eine Abnahme des Dünenfusses, jedoch eine Verschiebung seewärts besonders der Niederwasserlinie. Es kommt uns vor, als ob die Abnahme des Dünenfusses deshalb eine Erhöhung des niedrigsten Strandes zur Folge gehabt hätte.

Im Vergleich mit der Messung des Vorjahres fand man längs der Küste von Nordholland im Mittel einen Gewinn des Dünenfusses von 1.76 *m* und eine Verschiebung der Hochwasserlinie landwärts von ungefähr 2.63 *m* und bei der Niederwasserlinie eine seewärtige Verschiebung von 5.34 *m*.

Längs der Nordseeküste von Texel fand vom Mai 1850 bis Juli 1897 eine mittlere Zunahme des Dünenfusses statt von 233 *m*; die Hochwasserlinie wurde 62 *m* und die Niederwasserlinie 86 *m* seewärts verschoben. Texel ist also ein Punkt, wo sowohl der Strand wie auch die Düne seit Beginn der Strandmessungen bedeutend zugenommen haben.

3. Boden- und Erdtemperatur.

Messungen der Bodenwärme längs der sibirischen Eisenbahn hat W. M. Sergjeew angestellt. Aus seiner in russischer Sprache erschienenen Abhandlung giebt Fr. Immanuel folgenden Aus-

[1]) Fort beim Helder. — [2]) Strandpfahl 8, eine Bake. — [3]) Strandpfahl 31. — [4]) Strandpfahl 21, Ende der Dünen, Anfang des grossen Deiches. — [5]) Pfahl 26, Ende des Deiches, Wiederanfang der Dünenkette. — [6]) Pfahl 33. Sandweg durch die Dünen nach dem Dorfe Bergen. — [7]) Pfahl 38, westlich von Alkmaar. — [8]) Pfahl 52. — [9]) Pfahl 54. — [10]) Pfahl 66, westlich von Haarlem. — [11]) Nordgrenze des Hoogheemraadschap. A. Lorie.

zug[1]). Östlich des Baikal-Sees, längs des Amur bis zum Ussuri hin ist die Möglichkeit der Wasserversorgung von entscheidender Bedeutung beim Baue des östlichen Zweiges der sibirischen Bahn, weil an sehr vielen Stellen, namentlich in den gebirgigen Teilen Transbaikaliens, das Erdreich in einer gewissen Tiefe dauernd gefroren bleibt und deshalb nur in bedingtem Umfange Wasser zu liefern vermag. Um über diese noch wenig geklärte Frage genauere Aufschlüsse zu gewinnen, hat Verf. 1893—1894 eingehende, auf scharfsinnige Beobachtungen gestützte Untersuchungen an zahlreichen Orten, zu verschiedenen Jahreszeiten und unter dem Einflusse einer wechselnden Lufttemperatur vorgenommen. Die Ergebnisse sind teils durch Schürfungen, teils dadurch ermittelt worden, dass Flaschen, mit Wasser gefüllt und verschlossen, in verschiedenen Tiefen vergraben wurden, um aus dem Zerspringen des Glases durch die eintretende Eisbildung die Wirkung des Bodenfrostes zu erkennen. Zu Tschita ergab sich am 1. Juli, dass die oberste Bodenschicht bis auf eine Tiefe von 2.45 *m* (von der Erdoberfläche ab gerechnet) aufgetaut war, und dass sich hieran eine ständige Frostschicht bis zu einer Tiefe von 6.30 *m* unter der Erdoberfläche anschloss. Der Vergleich aller Versuche im Laufe eines ganzen Beobachtungsjahres lieferte für das Gesamtgebiet Transbaikaliens den Beweis, dass im Winter die oberste Erdschicht, abhängig von der absoluten Höhenlage und der geologischen Zusammensetzung des Bodens, bis zu einer Tiefe von 0.70—4.26 *m* gefriert, und dass sich hieran eine dauernde Frostschicht bis zu einer Tiefe von 3.28—9.28 *m* reiht. Das Niveau des Grundwassers steigt fast überall unter die untere Grenze des dauernd gefrorenen Bodens hinab. Die Schneedecke, welche im Winter 1893—1894 in den sehr rauhen Bergen der Chamar-Daban-Kette über 4 *m* hoch lag, wirkte so erwärmend auf den Boden ein, dass dieser hier gänzlich frostfrei war und reichliches Wasser ergab; in Werchne-Udinsk fand Verf. bei einer Lufttemperatur von — 38° R. in einem 6 *m* tiefen, nicht weiter geschützten Brunnenschachte das Wasser eisfrei.

4. Erdmagnetismus.

Die absoluten Werte der magnetischen Elemente am 1. Januar 1898 im Parc Saint-Maur, in Perpignan und Nizza hat Th. Moureaux veröffentlicht.[2]) Er giebt folgende Zahlen:

	Parc Saint-Maur		Perpignan		Nizza	
	absol. Wert am 1. Jan. 1898	Var. sec. 1897	absol. Wert am 1. Jan. 1898	Var. sec. 1897	absol. Wert am 1. Jan. 1898	Var. sec. 1897
Deklination .	14°56.0′	— 5.5′	13°49.1′	— 4.2′	12°10.3′	— 5.2′
Inklination .	64°58.9′	— 1.9′	60° 3.1′	— 2.1′	60°14.3′	— 2.2′
Comp. horiz.	0.19660	+ 0.00034	0.22362	+ 0.00034	0.22332	+ 0.00028
Comp. vert.	0.42125	+ 0.00013	0.38812	+ 0.00003	0.39054	— 0.00010
Totale Kraft	0.46487	+ 0.00027	0.44793	+ 0.00020	0.44988	+ 0.00006

[1]) Petermann's Mitt. 1899. Litteraturbericht No. 428.
[2]) Compt. rend. 126. p. 234.

Über die jährliche Periode der erdmagnetischen Kraft machte G. Schwalbe Mitteilungen[1]). Während die tägliche Periode des Erdmagnetismus bereits der Gegenstand zahlreicher Untersuchungen geworden ist, ist die jährliche Periode bisher nur wenig behandelt worden. In Betreff der täglichen Periode dürften die Arbeiten von Balfour-Stewart, Schuster und v. Bezold als grundlegend zu betrachten sein. Die jährliche Periode, d. h. die Veränderung, welche der Erdmagnetismus, abgesehen von den Einflüssen der Säkularvariation und der täglichen Periode im Laufe eines Jahres erleidet, ist bisher wohl nur von Lloyd eingehend behandelt worden. Zwar haben schon vorher Forscher sich mit diesem Gegenstande beschäftigt, ohne jedoch zu befriedigenden Resultaten gelangt zu sein. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, dass bei der geringen Grösse der jährlichen Periode es bei den meisten Stationen sehr schwierig ist, für den vorliegenden Zweck ausreichend exakte Werte der Basislinie der photographischen Kurve abzuleiten und den eigenen Gang des Instrumentes zu eliminieren. Dazu kommt, dass, will man Variationen von so geringer Grössenordnung, wie sie hier in Betracht kommen, nachweisen, der Temperaturkoeffizient des Magnetes sehr genau bekannt sein und mit einer Präzision bestimmt werden muss, wie dies nur wenigen Observatorien zu leisten möglich ist. Jedenfalls ist zur Kritik des zu verarbeitenden Materiales nötig, dass eine umfangreiche Publikation desselben vorliegt, was nur an wenigen Hauptobservatorien der Fall ist.

Schwalbe hat nun auf Grund der Beobachtungen mehrerer Stationen, in erster Reihe des Potsdamer magnetischen Observatoriums, die jährliche Periode des Erdmagnetismus berechnet und sodann analog, wie es Lloyd, Airy und v. Bezold für die tägliche Periode durchgeführt haben, graphisch zur Darstellung gebracht.

Aus seinen Untersuchungen zieht er folgende Resultate:

1. Es existiert eine ausgesprochene jährliche Periode des Erdmagnetismus, so dass die Komponenten der erdmagnetischen Kraft als Funktion der Sonnenlänge sich darstellen lassen.

2. Auf der nördlichen Halbkugel hat die Vertikalintensität, soweit sich nach den Beobachtungen von Dublin und Potsdam das Resultat verallgemeinern lässt, ein Minimum im Sommer, ein Maximum im Winter, während die westliche Deklination und Horizontalintensität das Maximum im Sommer, das Minimum im Winter aufweisen; ein geringes sekundäres Maximum hat der Januar zwischen zwei Minimis im Spätherbste und Spätwinter, von denen bald das eine, bald das andere zum Hauptminimum wird.

3. Die Beobachtungen über Horizontalintensität ergeben für die südliche Halbkugel das entgegengesetzte Verhalten, wie auf der nördlichen, d. h. ein Maximum zur Zeit des nördlichen Winters, ein Minimum zur Zeit des nördlichen Sommers.

---

[1]) Meteorologische Zeitschr. 1898. p. 449.

4. Die Schlussfolgerungen, welche man hieraus für unsere Gegenden ziehen kann, sind: 1. Die Gleichgewichtslinien müssen im Sommer die Tendenz haben, näher aneinander zu rücken, und 2. ihre Neigung, welche sie in der Richtung von NO nach SW besitzen, im Sommer noch zu vergrössern.

5. Als Ursache der jährlichen Periode darf man Ströme annehmen, welche oberhalb der Erdoberfläche, also in der Atmosphäre, ihren Sitz haben.

Magnetische Untersuchungen im Harz hat M. Eschenhagen angestellt und diskutiert[1]). Die Beobachtungen stammen aus den Jahren 1888 und 1890 und beziehen sich auf Deklination, Inklination und Horizontalintensität. Verf. findet eine auffallende Parallelität der magnetischen Anomalien und der Lotabweichungen und betont, dass magnetische Messungen von Wichtigkeit für die Ergründung der geologischen Verhältnisse tiefer Schichten der Erde sein können. Die magnetische Kammlinie (die Linie ohne störende Kräfte) läuft der Linie ohne Lotabweichung parallel, letztere aber liegt südlich von der gemäss dem Querprofile des Gebirges zu erwartenden Lage, so dass also eine entsprechende Verschiebung der unterirdischen Hauptmassen nach dieser Richtung anzunehmen ist. Wäre der Eisengehalt dieser schweren Gesteinsmassen durch alle Tiefen hindurch ein gleichmässiger, so würden die beiden Linien zusammenfallen. Sofern aber der Eisengehalt nach der Tiefe zunimmt, muss die magnetische Kammline südlicher liegen, als die Linie ohne Lotabweichung, wie es im Harz in der That der Fall ist. Hit Hilfe der magnetischen Messungen ist man im stande, die Tiefe des Anziehungszentrums zu ermitteln; so liegt es bei Rothehütte, 34 *km* tief.

Hiernach könnten, wie Eschenhagen glaubt, magnetische Messungen auch von der Geologie benutzt werden, um über die Zusammensetzung der tiefern Erdschichten Aufschluss zu geben, wie denn auch Rijkevorsel's Messungen in den gebirgsarmen Gegenden Hollands das Vorhandensein von störenden Felsmassen in den untern Schichten wahrscheinlich gemacht haben.

Der tägliche Gang der erdmagnetischen Störungen an Polarstationen ist von Dr. G. Lüdeling untersucht worden[2]). Stellt man den täglichen Gang der horizontalen Komponenten der störenden Kraft durch Vektordiagramme dar, so findet man, dass diese bei Polarstationen in dem entgegengesetzten Sinne durchlaufen werden, wie die normalen Diagramme der täglichen Variation. Die einzige Ausnahme bildet unter den sämtlichen untersuchten Polarstationen die dem magnetischen Pole und dem Nordlichtpole nächst gelegene Station Kingua Fjord.

---

[1]) Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde 11. Heft 1.
[2]) Sitzungsber. d. k. Preuss. Akad. d. Wissens. Berlin 1899. 14. p. 236.

Die Darlegungen Lüdeling's bestätigen die frühern Vermutungen von Schuster, dass auch die Störungen durch ein System von Kräften hervorgerufen werden, das innerhalb 24 Stunden einmal um die Erde rotiert. Wo der Sitz dieser Kräfte ist, und welcher Art dieselben sind, darüber kann man allerdings zunächst wohl nur Vermutungen aussprechen. Vielleicht hat man es mit einem Systeme elektrischer Ströme zu thun, das die Erdoberfläche senkrecht durchsetzt, auf der einen Seite auf- und auf der entgegengesetzten absteigt, und das um irgend einen Pol, etwa den magnetischen oder den Nordlichtpol rotiert.

Der magnetische Zustand der Erde zur Epoche 1885.0 analytisch dargestellt von Adolf Schmidt[1]). Die allgemeinen theoretischen Entwickelungen, auf denen diese Untersuchungen beruhen, sind vom Verf. früher[2]) angegeben worden. Eine Mitteilung der wichtigsten Resultate, welche die Anwendung dieser Entwickelung auf den Zustand des Erdmagnetismus im Jahre 1885 geliefert hat, ist gleichfalls bereits[3]) veröffentlicht worden. Gegenwärtig gilt es, einerseits die Grundlagen wie die Ergebnisse dieser Untersuchung in grösserer Ausführlichkeit, anderseits die Rechnungen selbst in den Hauptzügen festzustellen. Es geschieht dies in der Absicht, für künftige Untersuchungen ähnlicher Art eine zuverlässige und bequeme Grundlage zu schaffen, nicht aber, weil etwa den Resultaten selbst eine abschliessende Bedeutung zukäme oder zugeschrieben werden sollte. Diese bedürfen vielmehr unzweifelhaft noch einer wesentlichen Verbesserung, und es besteht bereits seit längerer Zeit die Absicht, eine wenn möglich definitive Neuberechnung für dieselbe Epoche durchzuführen, sobald die dazu nötige Grundlage vorhanden sein wird. Die hier gegebene Darstellung beruht durchaus auf den von Prof. Neumayer abgeleiteten Werten der erdmagnetischen Kraftkomponenten in 1800 Punkten der Erdoberfläche. Die Beobachtungen, die diesen Werten zu Grunde liegen, reichen etwa bis zum Jahre 1887; zum weitaus überwiegenden Teile fallen sie in die Zeit vor der Epoche 1885.0, auf die sich die daraus abgeleiteten, im Atlas des Erdmagnetismus dargestellten Werte beziehen. Die Ermittelung dieser letztern musste daher in den meisten Fällen eine extrapolatorische sein, was ihre Sicherheit notwendigerweise beeinträchtigt. Zu diesem Übelstande, der unvermeidlich war, da der Atlas natürlich eine Darstellung für einen möglichst wenig zurückliegenden Augenblick bringen musste, tritt die Mangelhaftigkeit des Beobachtungsmaterials für weite Gebiete, wie sie Prof. Dr. Neumayer in den Erläuterungen zu seinem Atlas eingehend geschildert hat. Es ist klar, dass durch die Hinzunahme der inzwischen gesammelten neuen Beobachtungen, die hoffentlich in den nächsten Jahren noch

---

1) Aus dem Archiv d. deutschen Seewarte 21. No. 2.
2) a. a. O. 12. 2. 1889.
3) Abhandl. d. k. bayer. Akad. d. Wissens. II. Kl. 19. I. Abt.

eine wesentliche Vervollständigung erfahren werden, in zweifacher Beziehung ein Fortschritt erzielt werden wird. Das verwertbare Material gewinnt an Umfang, wohl auch an Gleichmässigkeit hinsichtlich seiner geographischen Verteilung, und die Benutzung von Beobachtungen symmetrisch zur Normalepoche erhöht die Sicherheit der Reduktion auf dieselbe. Lassen schon diese Erwägungen eine spätere Wiederholung der vorliegenden Berechnung wünschenswert erscheinen, so kommt noch hinzu, dass in ihr die jenseits von 60° nördl. Br. gemachten Beobachtungen ganz unberücksichtigt geblieben sind.

Eine magnetische Karte der Insel Sicilien und deren Umgebung haben M. L. Palazzo und Prof. Chistoni auf Grund ihrer speziellen Aufnahmen im Sommer 1890 entworfen [1]).

Erdmagnetische Beobachtungen in Deutsch-Ostafrika sind von H. Maurer angestellt worden [2]). Die Beobachtungen erstrecken sich über den Zeitraum vom Dezember 1895 bis März 1899 und betreffen Deklination, Horizontalintensität und Inklination. Die täglichen Variationen dieser Elemente zeigen einen ähnlichen Verlauf wie in Batavia. Der Vergleich von Batavia und Dar-es-Salaam (6 bis 7° C.) mit Mauritius (20° C.) zeigt, dass die tägliche Deklinationsschwankung mit der Breite zunimmt, während diejenige der beiden andern Elemente stark abnimmt. Von den beobachteten Störungstagen treffen fünf mit solchen in Potsdam, zwei auch mit Zi-ka-wei und einer mit Toronto zusammen. Die geographische Verteilung an der Küste ist sehr regelmässig, im Usambaragebirge und am Kilimandscharo zeigen sich jedoch starke Unregelmässigkeiten. In den letzten drei bis fünf Jahren war die jährliche Abnahme der Deklination an der ganzen Küste sehr stark. Auch in Mauritius ist die Abnahme der westlichen Deklination im Steigen, in Batavia aber hat die Säkularänderung schon den entgegengesetzten Sinn. Es geht eine Zone geringster Bewegung der Isogonen durch den Indischen Ozean, von der aus die Isogonen nach beiden Seiten wegwandern, besonders rasch nach dem afrikanischen Kontinent.

Die Elemente des Erdmagnetismus für die Epochen 1600, 1650, 1700, 1780, 1842 und 1885 und ihre säkularen Änderungen hat Dr. H. Fritsche mit Hilfe der aus allen brauchbaren Beobachtungen abgeleiteten Koeffizienten der Gaussischen allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus berechnet [3]). In der Einleitung bemerkt Verf.:

»In dem von Gauss und Weber im Jahre 1840 herausgegebenen Atlas des Erdmagnetismus findet man folgende Worte: »Also ist

---

[1]) Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity 1899. June. p. 87.
[2]) 71. Versamml. d. deutschen Naturforscher in München 1899. Sitz. d. meteorol. Gruppe am 19. Sept.
[3]) St. Petersburg 1899.

jetzt der Erdmagnetismus zum erstenmal (wie Planeten- und Kometenbahnen durch ihre Elemente) durch seine Elemente vollständig bestimmt worden, nämlich durch die § 40 angegebenen 24 Zahlen. Ähnliche Bestimmungen werden in der Folge wiederholt werden, wodurch die Veränderungen, welche mit der Erde in Beziehung auf ihren magnetischen Zustand im ganzen, ebenso wie im einzelnen vorgehen, erforscht und die erfahrungsmässigen Data zu einer Geschichte des Erdmagnetismus gewonnen werden; ein Ziel, was ohne Theorie durch blosse Erfahrung zu erreichen unmöglich war, weil blosse Erfahrungen zwar die Veränderungen vieler einzelner Wirkungen, nie aber die Veränderungen, welche das Ganze erleidet, kennen lehren.« Die Richtigkeit dieser Bemerkung bewährt sich, wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt wird, nicht bloss in der Folge, sondern in noch höherem Masse auch für die Vergangenheit, d. h. für die drei Jahrhunderte 1600—1900. Denn die erdmagnetischen Beobachtungen, welche man während dieses Zeitraumes angestellt hat, sind oft spärlich, ungenau und unvollständig (z. B. nur ein Element, die Deklination, ist beobachtet) und kann daher die Hoffnung, den ganzen magnetischen Zustand der Erde (neun Elemente: das Potential, die ideale Verteilung des Magnetismus auf der Erdoberfläche, die Kräfte X, Y, Z, die Deklination δ, die Inklination i, die Horizontalintensität T und die ganze Intensität J) für 1600—1900 kennen zu lernen, nur auf die Gauss'sche Theorie gegründet werden, während andere Methoden, zu dem genannten Ziele zu gelangen, nur Stückwerk liefern müssen.«

Dr. Fritsche teilt die von ihm bei der Berechnung benutzten Formeln mit und giebt für die oben erwähnten sechs Epochen Tafeln der Fundamentalgrössen. Der Vergleich der Gauss'schen Theorie mit den Beobachtungen von 1600—1885 führt ihn zu der Überzeugung, dass diese Theorie naturgemäss ist und von einem Beiseitesetzen derselben, wie Arthur Schuster meine, keine Rede sein könne.

Was die Säkularvariation des Erdmagnetismus anbelangt, so findet Fritsche im allgemeinen, dass sich die Natur der freien Bewegung der Magnetnadel etwas stärker mit der Länge als mit der Breite ändert, und dass die Behauptung, die in Rede stehende Bewegung geschehe überall auf der ganzen Erdoberfläche im Sinne des Uhrzeigers, irrig ist, da von 204 Bewegungen nur 63 mit dem Uhrzeiger erfolgten während des Zeitraumes 1600—1885.

Die Drehung mit dem Uhrzeiger herrscht auf einem Meridianstreifen (von Pol zu Pol) von 120 Längengraden vor, nämlich auf den Meridianen 0°, 30°, 60°, 300° und 330°; doch ist auch auf diesem Erdraume das Übergewicht kein sehr bedeutendes. Die Verschlingungen finden sich vorzugsweise in der Nähe des Südpoles, etwa von $\varphi = -50°$ bis $\varphi = -80°$; die unbestimmten Bewegungen (Wendungen) überhaupt mehr auf der südlichen als nördlichen Hemisphäre. Die säkularen Bewegungen der Magnetnadel im Laufe der letztverflossenen drei Jahrhunderte stehen ohne Zweifel im Zusammen-

hange mit den gleichzeitig eingetretenen Veränderungen in der Lage der beiden magnetischen Erdpole, der Maxima der idealen Verteilung des Magnetismus auf der Erdoberfläche und auch der Maxima und Minima der ganzen Intensität.

Nach den Rechnungen von Fritsche haben sich der magnetische Nordpol, der Ort des Maximums der idealen Verteilung des Magnetismus auf der Erdoberfläche in Nordamerika und der Ort des Maximums der ganzen Intensität in Nordamerika, alle drei von NW nach SO nahezu um dieselbe Strecke bewegt, und zwar während des Zeitraumes 1650 — 1836 alle drei Orte um ca. 8° in Breite von N nach S und in Länge von W nach O alle um nahe 17°; ferner folgt, dass der magnetische Südpol, der Ort des Maximums der idealen Verteilung des Magnetismus auf der Erdoberfläche in der südlichen Hemisphäre und auch der Ort des Maximums der ganzen Intensität in der Nähe des Südpoles alle drei die entgegengesetzten Bewegungen von SO nach NW ausgeführt haben, und zwar in den 186 Jahren von 1650—1836 in Breite nahe 8° von S nach N und um 27°—43° in Länge von O nach W.

Der Ort des Maximums der idealen Verteilung (F) und der gleichzeitige des Maximums der ganzen Intensität J ist in beiden Hemisphären fast genau derselbe.

Dass die Ortsveränderungen der magnetischen Erdpole und die der Maxima von F und J in engem Zusammenhange mit den säkularen Variationen der erdmagnetischen Elemente stehen, erkennt man an den Veränderungen, welche die magnetische Deklination δ von 1600—1885 erlitten hat, insbesondere an den Wanderungen der agonischen Linien, auf denen δ gleich Null ist. Es sind ihrer zwei Hauptlinien, welche von Pol zu Pol gehen, und eine dritte, kleinere ringförmige. Alle drei haben sich im Laufe der Zeit 1600—1885 von O nach W bewegt und besonders an der agonischen Hauptlinie, welche vom magnetischen Nordpole in Nordamerika aus nach O und S gehend dem Atlantischen Ozeane sich zuwendet, kann man die Wirkung der eben erwähnten Ortsveränderung der magnetischen Pole der Erde und der der beiden Maxima (der nördlichen und südlichen) der idealen Verteilung des Magnetismus auf der Erdoberfläche ersehen. So z. B. war um das Jahr 1600 die magnetische Deklination fast auf dem ganzen Greenwicher Meridian ($\lambda = 0°$) östlich (in England z. B. ca. — 8°, Epoche 1600) und wurde im Laufe der darauf folgenden Jahrhunderte allmählich westlich, indem die amerikanisch-atlantische agonische Linie nach S und W in die Lage überging, welche sie jetzt inne hat.

Dies erklärt sich leicht durch grössere Annäherung der beiden Maxima von F an den Meridian 0°, wodurch auf ihm überall eine stärkere Drehung des Nordpoles der Kompassnadel nach W hervorgerufen wurde.

Die Ursachen der säkularen Änderungen der erdmagnetischen Elemente sind noch in Dunkel gehüllt; jedoch glaubt Verf., dass

man bei Erklärungsversuchen eine Möglichkeit zu wenig berücksichtigt habe, nämlich die, dass sie grösstenteils durch Veränderungen in der Verteilung der Wärme innerhalb der Erdrinde, durch Wanderungen der Temperatur im Erdboden hervorgerufen werden. »Denn bekanntlich ändert jeder Magnet seine Kraft mit der Temperatur: er ist stärker bei niedrigen und schwächer bei höhern Wärmegraden, und kann der Erdmagnet, da er sehr gross und kompliziert ist, in dieser Hinsicht sehr empfindlich sein, d. h. es kann eine geringe Veränderung in der Verteilung der Temperatur des Erdbodens, welcher nach geologischen Untersuchungen im grossen und ganzen in allen Zonen aus denselben Massen zusammengesetzt ist, also wohl überall dieselbe Beimischung magnetischer Massen enthält, eine bedeutende Änderung in der Verteilung der magnetischen Kräfte bewirken.

Wenn diese Hypothese richtig ist, so muss man annehmen, dass sich der Ort der niedrigsten Temperatur des Erdbodens, in Nordamerika, im Laufe der letztverflossenen drei Jahrhunderte von NW nach SO und in der südlichen Hemisphäre in entgegengesetzter Richtung, von SO nach NW bewegt habe.«

Über die Änderung der magnetischen Kraft mit der Höhe hat J. Liznar die Ergebnisse weiterer Untersuchungen mitgeteilt[1]). Nach der Gauss'schen Theorie ist die Erde ein magnetisierter Körper und eine Abnahme der magnetischen Intensität mit der Höhe a priori anzunehmen. Indem nun Liznar auf Grund einer grossen Zahl Stationen diese Abnahme empirisch ableitet, findet er dieselbe fast dreimal grösser als den nach der Gauss'schen Theorie berechneten Wert. Daraus folgert er, dass die Erscheinungen sich durch Annahme einer Magnetisierung der Erde allein nicht erklären lassen, sondern dass noch andere Ursachen in der Atmosphäre dabei eine Rolle spielen.

Über die Ursachen der magnetischen Stürme verbreitete sich ausführlich Dr. Ad. Schmidt[2]). »Vergleicht man die Kurven, die den Verlauf der Werte eines erdmagnetischen Elementes an zwei benachbarten Punkten während einer Störung darstellen, so findet man bekanntlich im allgemeinen eine ausserordentlich weitgehende Übereinstimmung. Die genauere Betrachtung zeigt, dass diese Übereinstimmung hauptsächlich in der Zahl und Lage der einzelnen Wellen oder Zacken, aus denen die Kurven zusammengesetzt sind, hervortritt, während die Grösse der einander entsprechenden, extremen Abweichungen deutlichere Unterschiede aufweist. Diese gehen gelegentlich so weit, dass an Stelle eines Gipfels in der einen Kurve nur ein Bruch, eine Verlangsamung des Ansteigens in der andern stattfindet, oder aber, in weiterer Steigerung der Abweichung, dass einem

[1]) Sitzbr. d. Wiener Akademie 107. Abt. IIa.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 385 ff.

Maximum hier dort ein Minimum entspricht. Je weiter die Stationen auseinanderliegen, desto häufiger und deutlicher werden diese Unterschiede, so dass an sehr weit getrennten Punkten meistens nur noch wenige Einzelheiten der beiden Kurven mit Sicherheit als entsprechend gedeutet werden können. Manchmal ist dabei auch die Ähnlichkeit der zu verschiedenen Elementen gehörigen Störungskurven zweier Orte grösser als diejenige der auf dasselbe Element bezüglichen. Vor allem charakteristisch aber ist der fortwährende Wechsel, der in allen diesen Beziehungen herrscht. Überraschender Ähnlichkeit folgt in wenigen Minuten eine vollkommene Verschiedenheit oder ein ausgesprochener Gegensatz; einer gewaltigen Ausbuchtung der einen Kurve entspricht in der andern eine kaum bemerkbare Zacke oder Biegung, während bald darauf dort Ruhe, hier lebhafteste Bewegung eintritt.

Diese wohlbekannten Eigentümlichkeiten der magnetischen Stürme, wie man besonders die länger anhaltenden und intensivern Störungen treffend genannt hat, weisen unverkennbar auf vorwiegend lokale Vorgänge als die nächste Ursache dieser Erscheinungen hin. — Vorgänge von wechselnder Stärke und Ausdehnung, die, bald hier, bald dort, vielleicht auch gleichzeitig an verschiedenen Orten auftretend, zwar in demselben Augenblicke auf der ganzen Erde magnetische Wirkungen ausüben, zu einem intensiven Einflusse aber meistens nur auf einem mehr oder weniger beschränkten Gebiete gelangen.

Eine weitere auffallende Eigentümlichkeit der Störungskurven deutet darauf hin, dass jene Aktionszentren im allgemeinen ihren Ort stetig und in mannigfaltiger Weise verändern. Die Gestaltung der Kurven lässt sich wohl stets durch die Aneinanderreihung und Überlagerung einfacher Bestandteile — man könnte sie Elementar- oder Einzelstörungen nennen — erklären. Als solche treten meistens ziemlich regelmässig gestaltete, einzelne Wellen, d. h. zwei aneinander schliessende, entgegengesetzte Ausbuchtungen der Kurve auf, oft auch nur Halbwellen oder einseitige Abweichungen. Es gilt dies auch von den an ruhigen Tagen nicht selten vorkommenden vereinzelten, kleinen Störungen. Vergleicht man nun die Deklinationskurve mit derjenigen der Horizontalintensität, so findet man nicht selten bei ihren entsprechenden Ausbiegungen eine Phasenverschiebung, die manchmal so weit geht, dass die Extreme der einen Kurve zeitlich mit den Stellen stärksten Anstieges und Abfalles der andern zusammentreffen. Die Verbindung zweier periodisch veränderlicher, aufeinander senkrechter Kräfte liefert nun bekanntlich im Falle eines Phasenunterschiedes eine ihre Richtung stetig ändernde Resultierende.

Die an einem bestimmten Orte auftretende horizontale störende Kraft nimmt daher nicht nur an Grösse zu und ab, sondern dreht sich in vielen Fällen auch, während sie in andern Fällen ihre Richtung ganz oder nahezu beibehält. Daraus ist zu schliessen, dass die einzelnen Aktionszentren ihren Ort im allgemeinen verändern, bald an dem Beobachtungspunkte vorüberziehend, bald auf ihn zu oder von ihm weg sich bewegend.

Als Ursache der Störungen hat man nun bisher vorwiegend elektrische Strömungen angenommen, sei es im Erdboden, sei es in der Atmosphäre, besonders in den am ehesten einer Leitung fähigen obern Luftschichten. Obgleich über die physikalischen Bedingungen, unter denen solche Ströme auftreten können, noch keine rechte Klarheit herrscht, wird man doch an dieser Hypothese trotz der von Bigelow dagegen erhobenen Einwendungen um so eher festhalten dürfen, als an der Zurückführung der täglichen Variation auf derartige Ströme kein Zweifel mehr bestehen kann. Von diesem Standpunkte aus betrachtet, können nun jene Aktionszentren nicht wohl etwas anderes sein, als Strömungserscheinungen, die sich durch ihre Intensität und individuelle Abgrenzung mit einer gewissen Deutlichkeit aus dem Stromsysteme der ganzen Erde herausheben — im einfachsten Falle also, den wir bei der Einfachheit der Elementarstörungen auch als den normalen erwarten dürfen, wandernde Stromwirbel, gleich den Zyklonen und Antizyklonen des Luftmeeres. Die Analogie dieser letztern Erscheinungen mit den magnetischen Ungewittern, die in diesem Namen wie durch eine Vorausahnung einen so glücklichen Ausdruck gefunden hat, drängt sich um so mehr auf, als sie v. Bezold bereits in Bezug auf die Vorgänge, die der täglichen Variation zu Grunde liegen, hervorgehoben und in ihrer Bedeutung zunächst für die klare Auffassung und Beschreibung der Erscheinungen gewürdigt hat.

Um nun zu einem genauern Einblicke in die Natur der so erschlossenen Elementarvorgänge zu gelangen, und um die neuen Aufgaben, die sich damit der weitern Forschung darbieten, zu behandeln, liegt es nahe, sich der synoptischen Darstellung durch Eintragung der störenden Kräfte für bestimmte einzelne Augenblicke in Karten zu bedienen, ähnlich, wie man es, besonders nach dem Vorgange von Rücker und Thorpe, bei dem Studium der Lokalstörungen jetzt allgemein thut.«

Dr. A. Schmidt teilt nun die von ihm auf dem bezeichneten Wege erhaltenen Ergebnisse mit. »Es zeigte sich, dass in den Augenblicken starker und schnell veränderlicher Abweichungen die an den benachbarten Punkten beobachteten Störungskräfte annähernd nach einem Punkte konvergieren oder von einem Punkte ausstrahlen, während sie sich in Zeiten verhältnismässiger Ruhe der parallelen Lage nähern, die auf ein entferntes Aktionszentrum hindeutet. Es zeigt sich weiter, dass die Konvergenzpunkte im allgemeinen mit einer Geschwindigkeit, deren Grössenordnung etwa durch 1 *km*-Sek. ausgedrückt werden mag, fortschreiten, dass sie manchmal freilich auch stationär sind. Die vergleichende Betrachtung der horizontalen und der vertikalen Komponente beweist endlich, dass die Strömung wenigstens der Hauptsache nach in der Atmosphäre, nicht im Erdinnern, verläuft. Natürlich muss ein äusserer, seine Intensität oder seinen Ort verändernder Stromwirbel auch innere Ströme induzieren, deren Wirksamkeit in der That in den Erscheinungen zu bemerken ist.«

An einigen typischen Beispielen zeigt Schmidt das H
und Vorüberziehen eines Stromwirbels und behandelt dann
den einfachen Fall eines kreisförmigen Stromwirbels, in we
Strömung überall senkrecht zum Radius erfolgt, also in ih
sität lediglich eine Funktion des Radius ist. »Gewisse
Wijkander u. a. erhaltene Resultate über die Lage der
und einflussreichsten Störungsherde, und ferner die schon
liegenden Feststellungen über die tägliche Periodizität der
und ihre nach verschiedenen Richtungen verschiedene
lassen den Schluss zu, dass die diesen zu Grunde liegend
wirbel vorzugsweise an bestimmte Stellen der grossen Stro
welche die tägliche Variation hervorrufen, gebunden sind
wie die Teilminima der Luftdruckverteilung mit Vorliebe
der grossen Depressionen auftreten. Es wird eine der e
gaben sein, über diese Beziehung, wie überhaupt über die B
heit und das Auftreten der Störungswirbel, ihre Grösse,
Geschwindigkeit, Zugrichtung u. s. w. Genaueres festzustell
Ermittelungen werden u. a. auch wesentlich zur Beantwo
Frage beitragen können, ob ein prinzipieller Unterschied
der gewöhnlichen täglichen Schwankung und den Elementar
besteht, oder ob nicht vielleicht ein durch stetige Überg
mittelter Wesenszusammenhang zwischen ihnen stattfindet, w
stens hinsichtlich ihrer räumlichen und zeitlichen Ausdeh
Fall zu sein scheint. Auch die Beziehung zu den von M
hagen entdeckten kurzdauernden, kleinen Schwankungen (
mentarwellen, wie er sie nennt), deren periodische Natur sie
eigentlichen Störungsvorgängen streng zu scheiden scheint,
Betrachtung zu unterwerfen.

Die nach der physikalischen Seite hin gerichtete Unte
wird vorzugsweise bestrebt sein müssen, charakteristische, in
Fälle zu sammeln und möglichst exakt zu bestimmen, um
der theoretischen Forschung ein zuverlässiges und mannigfach
Material zu liefern, zunächst zur Aufklärung über die voraus
elektrischen Strömungsvorgänge selbst, ihre Veränderung, Wa
gegenseitige Einwirkung, ihre Induktionswirkung auf die fe
wie auf die Atmosphäre, dann aber schliesslich auch zur Er
der Frage nach ihren Ursachen, der elektromotorischen Kr
der etwa wirksamen Auslösung. Die Zurückführung auf
charakterisierte elektrische Strömungen (zu deren genauer
bestimmung es wünschenswert wäre, auch Beobachtungen vo
stationen zu besitzen) muss zunächst mehr als eine formale
zusammenfassender Darstellung angesehen werden, die ers
Nachweisung der Art, wie diese Ströme entstehen, volle physi
Bedeutung erlangt. Nun giebt es ja allerdings Thatsachen,
jetzt schon berechtigen, derartige Ströme in den obern Schich
Atmosphäre als möglich anzunehmen und auch ihre Abhä
von dem wechselnden Zustande der Sonne, der vieleic

Schwankungen der Intensität gewisser Strahlenarten verbunden ist, begreiflich zu finden; aber es scheint verfrüht, darüber schon bestimmte Hypothesen aufstellen zu wollen, deren gründliche und entscheidende Prüfung eben erst an einem reichhaltigen, exakten Beobachtungsmateriale möglich ist. Man wird es um so weniger bedenklich finden, darauf vorläufig zu verzichten, wenn man sich erinnert, wie wenig Sicheres wir noch über die Ursachen der Entstehung, Umbildung und Bewegung der atmosphärischen Zyklonen und Antizyklonen wissen, trotzdem uns dafür seit langer Zeit ein reiches Material von Thatsachen zur Verfügung steht, und trotzdem uns hier die einfachen physikalischen Grunderscheinungen, auf die wir jene Vorgänge zurückzuführen haben, schon vollständig bekannt sind.«

Der Zusammenhang zwischen den Erscheinungen des Erdmagnetismus und den elektrischen Vorgängen in der Atmosphäre ist von W. Trabert beleuchtet worden[1]).

Wegen der Einzelheiten muss auf das Original verwiesen werden. Trabert kommt zu dem Ergebnisse: »Gegen den Zusammenhang zwischen den vertikalen Erdluftströmen mit den Erscheinungen der Luftelektrizität kann somit kein Argument, das ins Gewicht fiele, beigebracht werden. Die Möglichkeit eines Zusammenhanges bleibt offen, und es ist kaum möglich, das Vorhandensein von Erdluftströmen anders plausibel zu machen. Was die Ströme längs der Parallelkreise anbelangt, so gelingt es hier nicht, zu einem in quantitativer Beziehung befriedigenden Resultate zu gelangen, wir stehen, wenn wir, was ja kaum anders möglich ist, an ihrer Realität festhalten, vor einem neuen Rätsel. Eine befriedigende Erklärung derselben durch mechanischen Elektrizitätstransport lässt sich nicht geben.«

Die Beziehung der magnetischen Schwankungen in Deklination und Horizontalintensität zu der Sonnenfleckenperiode ist von W. Ellis untersucht worden[2]). Die Grundlage dieser Arbeit bildet die Reihe der magnetischen Beobachtungen zu Greenwich 1841 bis 1896, ein überaus einheitliches Material, da während des ganzen Zeitraumes stets nach den gleichen Methoden beobachtet worden ist. Für die Epochen der Maxima und Minima ergeben sich folgende Zeiten:

Minimum:	magn.	1843.6	Sonnenflecken	1843.5
Maximum:	»	1849.0	»	1848.1
Minimum:	»	1855.1	»	1856.0
Maximum:	»	1860.4	»	1860.1
Minimum:	»	1867.5	»	1867.2
Maximum.	»	1870.8	»	1870.6
Minimum:	»	1878.8	»	1879.0
Maximum:	»	1883.9	»	1884.0
Minimum:	»	1890.7	»	1890.2
Maximum:	»	1894.7	»	1894.0

1) Meteorol. Zeitschr. 15. p. 401.
2) Proc. Royal Soc. 63. p. 64:

Die magnetische Epoche ist das Mittel aus den Werten für Deklination und Horizontalintensität. Die Länge der Periode bestimmt sich aus diesen Zahlen der Reihe nach zu

12.55 11.85 11.40 10.45 11.30 13.05 10.90 9.85 Jahre für den Magnetismus und zu

12.50 12.00 11.20 10.50 11.80 13.40 11.20 10.00 Jahre für die Sonnenfleckenperiode.

Die mittlere magnetische Periode ist 11.42 Jahre, die mittlere Sonnenfleckenperiode 11.57 Jahre.

Ordnet man die Perioden in Rücksicht auf ihre Intensität, so folgt nachstehende Übersicht:

Sonnenflecken	Entspr. Zahl	Deklin.	Entspr. Zahl	Horiz.-Int.	Entspr. Zahl
1870	140.5	1870	12.76	1870	308
1848	131.5	1848	12.46	1860	295
1860	97.9	1860	11.42	1848	268
1894	87.9	1894	10.42	1894	233
1884	74.6	1884	9.84	1884	221

Es ergiebt sich, dass nur in der Horizontalintensität eine Vertauschung der Jahre 1860 und 1848 stattfindet, sonst aber sich die Jahre entsprechen. Verf. sucht die Ursache dieser Vertauschung in den damaligen örtlichen Verhältnissen des Observatoriums, die eine genaue Bestimmung der Temperaturkorrektionen für die Horizontalintensität nicht ermöglichten.

Da die Unregelmässigkeiten in der Länge der Sonnenfleckenperiode vollständig gleichzeitig auftreten mit den gleichen Unregelmässigkeiten in den magnetischen Perioden, und ebenso die Intensitäten der Extreme vollständig harmonisieren mit denen der magnetischen Kurven, so erscheint es dem Verf. unerlässlich, hieraus einen unmittelbaren, wesentlichen Zusammenhang beider Erscheinungen annehmen zu müssen. Diese Ansicht wird noch unterstützt durch den Synchronismus auch in allen kleinen Zacken der Kurven [1]).

Die magnetische Inklination und ihre Veränderung zwischen dem 7. Jahrhunderte vor und dem 1. Jahrhunderte nach Beginn unserer Zeitrechnung.

Wie im Jahrbuch Bd. VIII, p. 112, mitgeteilt worden, hat G. Folgheraiter eine sinnreiche Methode gefunden, die magnetische Inklination in sehr entlegenen Zeiten näherungsweise zu bestimmen. Sie beruht darauf, dass Thon beim Brennen durch die erdmagnetische Induktion einen von der Richtung und Stärke des Erdmagnetismus abhängigen Magnetismus annimmt und dauernd behält, so dass man, wenn man die Stellung der Thonobjekte während des Brennens kennt, die induzierende magnetische Inklination zu jener Zeit ermitteln kann. Folgheraiter teilt nun weitere Untersuchungen über antike Thongefässe mit, bei denen er sich einer

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 95.

weiter ausgebildeten und vervollkommten Methode bedienen konnte[1]). Die Ergebnisse seiner Untersuchungen sind in Folgendem enthalten[2]).

Zunächst wurden aus der reichen Sammlung des Museums von Arezzo sechs ziemlich gut erhaltene Aschenurnen und 21 Matrizen untersucht, welche sämtlich nach ihrer Fabrikmarke derselben Periode, und zwar der ersten Hälfte des ersten Jahrhunderts a. Chr. entstammen. Von den Urnen wurden die Maxima und Minima des Magnetismus an der Basis und an der Mündung gemessen und daraus Werte der Inklination berechnet, die zwischen einem Minimum von 56° 44′ und einem Maximum von 64° 47′ liegen. Das Mittel aller Bestimmungen ergiebt 61° 23′. Von den 21 Matrizen waren für die magnetischen Messungen nur 13 zu verwenden; sie ergaben, wenn man zwei mit abnorm kleinen Inklinationen ausschliesst (die vielleicht beim Brennen nicht aufrecht gestanden), Werte zwischen 56° 16′ und 66° 22′, die zu einem Mittelwerte von 61° 3′ führen, in guter Übereinstimmung mit dem Ergebnis der Aschenurnen.

Die Untersuchungen Folgheraiter's ergaben, dass die Grundflächen der verschiedenen Objekte teils eine Nord-, teils eine Südpolarität besitzen. Dies rührt davon her, dass wahrscheinlich im Ofen neben einem aufrechten Gefässe ein umgekehrtes gestanden, wie dies noch jetzt beim Aufstellen der Thongefässe im Ofen üblich ist, um den Raum nach Möglichkeit auszunutzen. Hieraus könnten sich Zweifel ergeben, ob in jener Zeit die magnetische Inklination eine nördliche oder eine südliche gewesen, doch konnte Verf. diese Frage sicher entscheiden, da er Gelegenheit hatte, den untern Teil eines Ofens aus jener Zeit zu untersuchen, in dem noch Gefässe mit der gleichen Marke wie die untersuchten vorhanden waren. Ein Stückchen des Ofens ergab bei der Prüfung, dass der obere Teil Südmagnetismus und der untere Nordmagnetismus besitzt. »Die magnetische Inklination in der ersten Hälfte des ersten Jahrhunderts a. Chr. war somit eine nördliche wie gegenwärtig, und ihr Wert war nahezu gleich dem jetzigen, oder vielleicht etwas grösser, denn, wie aus der magnetischen Karte von Italien sich ergiebt, ist sie jetzt in Arezzo etwa 52° 40′ (für 1892.0).«

Aus der reichen Sammlung von Thongefässen im Museum von Neapel, die man bei den Ausgrabungen von Pompeji gefunden, wählte Folgheraiter für seine Untersuchung Objekte, deren Fabrikationszeit mit einiger Sicherheit festgestellt ist, nämlich Gebrauchsgegenstände, Gefässe zum Aufbewahren von Nahrungsmitteln, Trinkschalen, die in den Wohnungen gefunden worden, und andere Objekte, von denen man auch annehmen durfte, dass sie nicht zu lange vor der Zerstörung von Pompeji in der Gegend angefertigt waren. Aus den Messungen der magnetischen Intensität an 24 Töpfen erhielt er für die Inklination Werte, die zwischen 62° 7′ und 72° 2′ schwankten; das Mittel 66° 50′ ist beträchtlich höher als die aus den Gefässen von Arezzo erhaltene Inklination. Zu einem ähnlichen Resultate führten die Messungen an zehn Gefässen von sphäroidischer Gestalt und ähnlichen Dimensionen wie die Töpfe; das Mittel ergab eine Inklination von 66° 20′.

Aus diesen Messungen kann man also schliessen, dass in Pompeji, oder an den Orten, wo die pompejanischen Gefässe gemacht worden sind, die magnetische Inklination kurze Zeit vor der Zerstörung der Stadt etwa 66.5° betragen. Dieser Wert ist etwa 5° grösser als der für die Zeit der Anfertigung der Gefässe aus Arezzo gefundene; und wenn man annimmt, dass auch damals, so wie jetzt, die magnetische Inklination in Italien von Nord nach Süd abgenommen hat, so wird der Unterschied der magnetischen Inklination zwischen der ersten Hälfte des ersten Jahrhunderts a. Chr. und der zweiten Hälfte des ersten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung noch

[1]) Rendiconti Reale Accademia dei Lincei 1899. Ser. 5. 8. (1). p. 69. 121. 176. 269.

[2]) Nach Naturwiss. Rundschau 1899. No. 20. p. 250 ff.

bedeutender. Die Nähe des Vesuvs und seine Explosionen konnten die magnetischen Verhältnisse der Gegend von Pompeji und aller Objekte sehr wesentlich und in unberechenbarer Weise umgestaltet haben; allein sowohl der Verlauf der Isogonen von Neapel, als auch mehrere Messungen des Magnetismus von Tuffen aus der Gegend des Vesuvs, sprechen dafür, dass eine störende Einwirkung des Vulkans nur sehr gering sein kann. Vernachlässigt man daher diesen Einfluss, so wäre die magnetische Inklination von der ersten Hälfte des ersten Jahrhunderts a. Chr. bis zum Jahre 79 unserer Zeitrechnung, also in $1^1/_2$ Jahrhunderten, um 8° gewachsen (denn die Differenz der Inklination zwischen Arezzo und Pompeji beträgt 3°). Da wir nun aus direkten Messungen wissen, dass die magnetische Inklination in Paris von 1671 bis jetzt, d. h. in $2^1/_4$ Jahrhunderten, um etwa 10° abgenommen, so folgt, dass ihre Variation vor 20 Jahrhunderten keine wesentlich andere gewesen als jetzt, und dass, während die Inklination gegenwärtig abnimmt, sie damals einem Maximum zustrebte, von dem sie vielleicht zur Zeit der Zerstörung von Pompeji nicht weit entfernt gewesen.

Folgheraiter hat ferner aus den reichen Sammlungen griechischer Gefässe, welche die Museen von Florenz, Neapel und Syracus enthalten, zunächst die attischen zur Ermittelung der magnetischen Inklination während ihrer Fabrikation untersucht. Gewöhnlich werden die attischen Gefässe in zwei Gruppen gebracht: in solche mit roten Figuren auf schwarzem Grunde und in Gefässe mit schwarzen Figuren auf rotem Grunde. Erstere sollen nach den Archäologen nur ein Jahrhundert lang, und zwar vom Anfange bis zum Ende des fünften Jahrhunderts a. Chr. fabriziert worden sein; die zweiten werden für älter gehalten und dem sechsten Jahrhunderte zugeschrieben; nach der Florentiner Einteilung sollen sie aber von der Mitte des siebenten bis zum Ende des fünften Jahrhunderts gereicht haben und 250 Jahre umfassen. Folgheraiter wählte die Krüge mit niedrigem Henkel, die der Messung leicht zugänglich sind, und hat fast alle mit Ausnahme der zu grossen untersucht; ausserdem wurden noch die eiförmigen Oinochoai (Weinkrüge) mit runder Öffnung und niedrigem Henkel, sowie einige mit dreilappiger Mündung und hohem Henkel zur Ermittelung, ob die Inklination eine nördliche oder eine südliche gewesen, für die Messungen verwendet.

Von den Gefässen mit roten Figuren auf schwarzem Grunde wurden aus dem Museum in Neapel 36 geprüft, deren Durchmesser am Boden zwischen 78 und 98 *mm*, an der Mündung zwischen 140 und 153, und deren Höhe zwischen 310 und 375 *mm* variierten. Aus den Messungen ihres Magnetismus und aus den Berechnungen der magnetischen Inklination ergiebt sich, dass ein Gefäss so entschieden sich von allen andern durch die Grösse der Inklination unterscheidet, dass man sicher schliessen darf, es sei entweder nicht in senkrechter Stellung gebrannt worden, oder es gehöre einer ganz andern Periode an. Eine zweite Amphora ergiebt gleichfalls eine viel grössere Inklination, dass man dieselbe Annahme auch für dieses Gefäss machen muss. Die übrigen ergeben Inklinationen, die innerhalb der weiten Grenze von 19.5° schwanken. Diese Differenzen der Einzelwerte können nun entweder davon herrühren, dass die Gefässe während des Brennens schief gestanden, oder dass zufällige Induktionen den Einfluss des Erdmagnetismus verdeckt haben, oder dass die magnetische Inklination während der Periode der Fabrikation dieser Gefässe wirklich eine grosse Änderung durchgemacht habe. Gegen die erste Erklärung spricht die Sorgfalt, welche auf die Formgebung der Gefässe verwendet ist, sie muss sich auch auf die Behandlung im Ofen erstreckt haben, da sonst die Reinheit der Formen nicht erhalten geblieben wäre. Mit dieser Erklärung fällt aber auch die zweite, und es bleibt nur noch die dritte, dass nämlich die magnetische Inklination sich selbst bedeutend verändert habe, wobei noch weiter zu entscheiden bleibt, ob die Schwankung der Inklination im fünften Jahrhunderte eine ausnahmsweise starke gewesen, oder ob die Zeit der Fabrikation dieser Gefässe grösser gewesen, als die Archäologen annehmen.

Als Mittel ergiebt sich unter der anderweitig erwiesenen Annahme, dass sie im fünften Jahrhunderte eine nördliche gewesen, für die Inklination der Wert 9° 45′.

Von Gefässen mit schwarzen Figuren auf rotem Grunde ist in Florenz eine schöne Sammlung vorhanden, eine kleinere Zahl in Syracus und Neapel. Aus dem Florentiner Museum wurden 35 Objekte, Amphoren und Oinochoai, untersucht; sie entstammen der Zeit von 650 bis 400 a. Chr. und besitzen verschiedene Grössen, die magnetischen Inklinationen zeigten gleichfalls bedeutende Differenzen. Dasselbe war der Fall bei den sechs Gefässen aus dem Neapeler Museum und bei den aus der Syracuser Sammlung untersuchten. Im ganzen konnten zur Diskussion 35 Gefässe verwertet werden, darunter waren vier, bei denen die Verteilung des Magnetismus eine derartige gewesen, dass man annehmen muss, ihre Neigung zum erdmagnetischen Felde sei ganz verschieden von der der übrigen 31 Gefässe gewesen; sie können daher nicht mit berücksichtigt werden. Die Gefässe aus Florenz sind nach dem von den Archäologen bestimmten Alter geordnet; hier zeigen nun unter den fünf ältesten (aus den Jahren 650 bis 600) drei eine mittlere Inklination von 3° und die beiden andern eine von 21°. Bei der Grösse und Regelmässigkeit der Gefässe ist diese Differenz mit den archäologischen Zeitangaben nicht vereinbar. Eine Altersbestimmung aus den magnetischen Eigenschaften zu versuchen, wäre nur möglich, wenn man sicher wüsste, dass die Inklination in Griechenland immer eine nördliche gewesen: dann würde man, da die Inklination im ersten Jahrhunderte a. Chr. etwa der jetzigen gleich war, die Gefässe mit stärkerer magnetischer Neigung für jünger erklären.

Folgheraiter glaubt aus seinen Untersuchungen folgende Schlüsse ziehen zu dürfen: »1. Aus der Verteilung des freien Magnetismus in vielen Gefässen mit schwarzen Figuren auf rotem Grunde, die man teils ins siebente, teils ins sechste bis ins fünfte Jahrhundert a. Chr. verlegt, folgt, dass eine Epoche existierte, in welcher die magnetische Inklination in Griechenland sehr nahe Null gewesen. Diese Epoche kann noch nicht genau präzisiert werden, aber vielleicht kommt man der Wahrheit nahe, wenn man sie zwischen das siebente und sechste Jahrhundert verlegt. Auch aus der Verteilung des freien Magnetismus in vielen Gefässen mit roten Figuren kommt man zu dem Schlusse, dass die Inklination fast auf Null gesunken war. 2. Am Ende der Periode der Fabrikation griechischer Gefässe oder gegen 400 a. Chr. hatte die magnetische Inklination bereits den Wert von 20° erreicht, wenn man die wenigen Gefässe ausnimmt, welche eine Verteilung des Magnetismus gezeigt haben gleich derjenigen, die sie haben würden, wenn sie zu unsern Zeiten fabriziert worden wären, nur zwei Amphoren würden einen noch etwas grössern Wert geben.«

Folgheraiter behandelt dann die Frage, ob zur Zeit und an dem Orte, wo die untersuchten griechischen Gefässe gefertigt worden, die magnetische Inklination eine nördliche oder südliche gewesen. Diese Frage war bisher nicht berührt worden, weil man bei den Objekten, die an der Mündung keine Verzierungen haben und niedrige Henkel besitzen, kein Mittel hat, zu entscheiden, ob sie beim Brennen aufrecht oder umgekehrt gestanden haben. Freilich hat Verf. in den Museen auch Gefässe untersuchen können, welche wegen ihrer hohen Henkel im Ofen nur aufrecht gestanden haben können; aber diese Gefässe bieten anderseits den Nachteil, dass sie nur an der Peripherie der Grundfläche untersucht werden können, und wenn man die Messungen der untern und obern Flächen der Gefässe miteinander vergleicht, findet man stets Verschiedenheiten zwischen den Werten der magnetischen Intensität, die sich meist durch die Verschiedenheit des Durchmessers an der Grundfläche und an der Mündung verstehen lassen, indem die Intensität grösser gefunden wird, wenn der Durchmesser kleiner ist. Endlich können auch die Verhältnisse der magnetischen Intensitäten der verschiedenen Durchmesser, aus welchen die magnetische Inklination berechnet wird, an einem Gefässe verschieden sein; in einem Falle z. B

ergab sich aus den Messungen am Boden die magnetische Inklination gleich 21° 50′ und aus den Messungen der Mündung 5° 19′.

Solche Unregelmässigkeiten hat Folgheraiter, als er die Versuche zur Stütze seiner Methode im Laboratorium ausführte, selbst beim Brennen von regelmässigen Cylindern beobachtet, aber er hat auch feststellen können, dass für die Berechnung der magnetischen Inklination diese Unregelmässigkeiten verschwinden, wenn man die Mittel aus den Werten am Boden und an der Mündung nimmt. Die Ursachen dieser Verschiedenheiten beruhen nach ihm teils in der Verschiedenheit der magnetischen Suszeptibilität an den verschiedenen Stellen der Gefässe, deren magnetische Bestandteile nicht immer gleichmässig verteilt sein mögen, teils in störenden Einwirkungen des Erdmagnetismus bei den Messungen mit dem Magnetometer. Wie dem aber auch sei, wenn man die Gefässe wegen hoher Henkel und sonstiger Verzierungen nicht an der Mündung, sondern nur am Boden untersuchen kann, machen sich die Anomalien in einer Weise geltend, das numerische Werte für die Inklination aus den Messungen nicht abgeleitet werden können. Anders aber ist es, wenn man nur ermitteln will, ob die erdmagnetische Inklination eine nördliche oder südliche gewesen; diese Frage kann ganz positiv beantwortet werden.

Folgheraiter giebt nun seine Messungen an 14 Oinochoai mit schwarzen Figuren auf rotem Grunde aus dem Museum in Florenz, geordnet nach den Zeiten, denen sie von den Archäologen zugeschrieben sind. Hierbei zeigt sich, dass in Gefässen aus der Zeit von 550 bis 400 a. Chr. der Magnetismus entschieden nördlich ist, dass in den Gefässen der mittlern Epoche 550 a. Chr. beide Polaritäten vorkommen, mit etwas vorherrschender nördlicher. Aus der ältern Periode 650 bis 600 waren zwei Gefässe mit Südmagnetismus und eins mit nördlichem, und das letztere muss wahrscheinlich noch dem spätern sechsten Jahrhunderte zugeschrieben werden. Hieraus würde folgen, dass um 650 a. Chr. der magnetische Äquator nördlich von Attica gelegen, dass er im Beginne des sechsten Jahrhunderts durch diese Gegend gegangen und später, etwa um 550 a. Chr., südlich davon gelegen.

Auch korinthische Gefässe, die gewöhnlich dem siebenten und sechsten Jahrhunderte a. Chr. zugeschrieben werden, konnte Folgheraiter in den Museen von Florenz, Syracus und Arezzo untersuchen, und aus den angeführten Messungsergebnissen ersieht man, dass auch die korinthischen Gefässe zu dem Schlusse führen, dass im siebenten Jahrhunderte a. Chr. die magnetische Inklination in Griechenland eine südliche gewesen, dass sie durch Null hindurchgegangen und eine nördliche geworden, bevor die Fabrikation dieser Gefässe aufgehört hat. Wie lange die Inklination südlich gewesen, und welche Grösse sie erreicht hat, lässt sich aus dem jetzt vorhandenen Materiale nicht entscheiden.

Ohne die Unsicherheiten zu verkennen, welche der Untersuchung, wesentlich auch den archäologischen Altersschätzungen anhaften, glaubt Folgheraiter aus seiner Untersuchung folgende Schlüsse ableiten zu können: 1. In der Periode, in der man angefangen, die korinthischen Gefässe und die attischen mit schwarzen Figuren auf rotem Grunde zu fabrizieren, war die magnetische Inklination in Griechenland südlich (siebentes Jahrhundert a. Chr.). 2. Kurze Zeit später, vielleicht im Anfange des sechsten Jahrhunderts (als die Fabrikation der korinthischen Gefässe noch anhielt), war die magnetische Inklination noch Null und wurde dann nördlich. 3. Am Ende der Periode der attischen Gefässe (400 a. Chr.) war die nördliche magnetische Inklination nahe 20°.

5. Vulkanismus.

Die Thätigkeit des Vesuvs seit dem 3. Juli 1895 ist von Matteucci in einem Bericht in der Sitzung der Pariser Akademie vom 3. Juli 1899 geschildert worden. O. Lang giebt davon einen Auszug[1].

[1] Potonié's Wochenschrift 1899. p. 425.

»Hiernach öffnete sich bei Beginn der Eruptionsperiode im nordwestlichen Teile, aber über dem ganzen Gipfel des grossen Kegels hin, ein System von Spalten, auf denen sich zunächst elf Eruptionsschlünde zeigten, die Lava ausfliessen liessen. Vom 5. Juli jenes Jahres an beschränkte sich der Lavaausfluss auf die Basis des Kegels, wo im Atrio del Cavallo eine Lavakuppel entstand, die allmählich bis zu einer Höhe von 90 *m* anwuchs. Am 31. Januar 1897 verlegte sich die Ausflussmündung, indem sie auf der Spalte um etwa 40 *m* in die Höhe stieg; die Lava, deren Ausfluss andauerte, breitete sich da auf der erwähnten Kuppel aus und erhöhte sie solchergestalt (auf 835 *m* über dem Meeresspiegel). Wenn man sich damals auf der Plattform der untern Seilbahnstation aufstellte, erkannte man leicht, dass der sehr abgeplattete Umriss der Kuppel das Profil des grossen Vesuv-Aschenkegels genau in demselben Punkte traf, wie der Abhang des Primomonte oder Westabhanges der Somma. Gegen Mitte Februar 1898 konnte man nun unschwer feststellen, dass die Lavaausflüsse nicht mehr den Gipfel der Kuppel zu erreichen vermochten und seitlich ablenkten, zumeist nach Osten im Atrio, jedoch zuweilen auch nördlich oder südlich; der Ausflusspunkt blieb dabei kenntlich an seiner reichlichen Fumarolenentwickelung. Nach einem Monate aber fand sich der Umriss der Kuppel in so schöner Wölbung, dass ihr Gipfel etwa 15 *m* an Höhe gewonnen hatte, und die von der früher schon als Beobachtungspunkt eingenommenen Station aus gesehene Silhouette zwischen den grossen Vesuvkegel und den innern Sommaabhang trat, wobei sie den Kegel in einem bestimmten östlichen Abstande von dem Punkte erreichte, wo sie ihn früher traf. Diese Aufblähung der jetzt auf 163 *m* Höhe und 125 Millionen Kubikmeter Volumen geschätzten Kuppel kann nach Meinung des Beobachters nur aus dem Drucke der Lava erklärt werden, die, da sie nicht mehr über den Gipfel der Kuppel hin abzufliessen vermochte, anfing, diese in ihrer ganzen Masse zu heben, bevor sie einen seitlichen Ausweg fand. Für einen solchen Drucküberschuss spricht zugleich der Umstand, dass bei Eintritt des Ereignisses das Niveau der Lava wieder bis zu 60 *m* unter dem Rande im grossen Krater gestiegen, einige Zeit darnach aber auf das zuvor eingenommene Niveau von 200 *m* unter dem Rande zurückgesunken war. Nach Matteucci handelt es sich also hier um eine endogene Emporhebung, hervorgebracht durch die Intrusion eines wahrhaftigen Laccolithen, der die erstarrten Lavaschichten des Kuppelgipfels aufzublähen vermochte, so wie die amerikanischen Laccolithe die Sedimentärschichten emporwölbten, die ihren Ausfluss verhinderten. Hier zum erstenmal sei die Entstehung solchen Vorganges thatsächlich beobachtet worden, und wenn sich hieraus auch nicht ergebe, dass man zur alten Theorie der Erhebungskrater zurückkehren müsse, so sei doch damit bewiesen, dass nicht alles an Buch's Auffassung falsch (oder unbegründet) war.

In der Topographie des Vesuvs ist durch die Lavakuppel am Eingange zum Atrio; hinter der sich übrigens eine in gleicher Weise während der Jahre 1891—1894 entstandene Anhäufung findet, eine nicht unerhebliche Veränderung eingetreten, die von einigen andern begleitet wird. Das schon erwähnte Spaltensystem an der Seite des Vesuvkegels lässt sich von dem ein wenig oberhalb von dessen Fuss gelegenen Ausgangspunkte auf 1600 *m* Länge, 400 *m* Breite und etwa 500000 *qm* Fläche verfolgen. — Der Vesuvkrater war im Januar 1897 kreisförmig bei 136 *m* Durchmesser; dieser zeigte sich im Februar 1898 auf 160 *m* gewachsen. Augenblicklich hat der Krater eine neue Erweiterung erfahren und besitzt in Nord-Südrichtung 185 *m* Durchmesser, von Osten nach Westen aber nur 180 *m*, bei 200 *m* Tiefe.

Von Fumarolenprodukten dieser Eruption führt Matteucci eine ungewöhnlich grosse Anzahl an, nämlich Chlorwasserstoff, Schwefel- und Kohlensäure (in Anhydritzuständen), Schwefelwasserstoff, Schwefel, Gips, verschiedene Sulfate und Chloride des Eisens und Kupfers, Eisenglanz (Oligiste und Erythrosiderit), Chloride und Sulfate des Natriums und Kaliums, Tenorit. Übrigens sei, was entschieden für die Geschichte und Lehre der Eruption wichtig ist, Selen in grosser Menge nachgewiesen, ebenso reichlich Fluorwasserstoffgas, daneben Jod- und Bromwasserstoffsäure, sowie endlich Natriumbikarbonat. Die räumliche Verteilung der Fumarolenerzeugnisse entspreche recht befriedigend den von Sainte-Claire Deville aufgestellten Gesetzen, ihre zeitliche Aufeinanderfolge aber den von Fouqué geäusserten Meinungen.«

E. Semmola kommt auf Grund zweijähriger Beobachtungen während der 1895 begonnenen Vesuveruption zu dem Ergebnisse, dass ein Zusammenhang der Eruptionsthätigkeit mit der Mondstellung durchaus nicht anzunehmen ist[1]).

Die Solfataren des Popokatapetl schilderten J. G. Ayuilera und E. Ordoñez[2]). Es sind nur noch sieben Solfataren in der westlichen Hälfte des Kraters thätig, deren Dämpfe eine Temperatur von 92° C. besitzen. Die aus der Zersetzung der Schwefelgase entstehenden Sublimationskrusten von gediegenem Schwefel lohnen heute nicht mehr die Ausbeutung. Der See im Innern des Kraters ist nach den Verff. ein Produkt der Kondensation der Fumarolendämpfe. Seine Temperatur beträgt in der Mitte + 28° C. H. Lenk fand den See im Dezember 1887 mit Eisschollen bedeckt.

Merkwürdige vulkanische Bildungen in Südarabien beschreibt Dr. F. Kossmat[3]): »Während des Aufenthaltes in Bal Hâf und Husn el-Gurâb im Herbste 1898 hatte er Gelegenheit, diese

---

1) Compt. rend. **126.** p. 926.
2) Mem. de la Scientif. Antonio Alzate Mexico **10.** No. 5. 6. p. 185.
3) Wiener akad. Anzeiger 1898. p. 277.

vulkanischen Bildungen der Umgebungen dieser Orte zu studieren. Die Eruptionen sind hier wesentlich jüngern Datums als jene von Aden, infolgedessen ist die ursprüngliche Form der Vulkane, Ströme und Decken noch ausgezeichnet erhalten, was die rasche Orientierung sehr erleichtert Besonders ergebnisreich war eine Exkursion zum Gebel Tabâb und zum Kasîf Schaurân, zwei prachtvollen, aus Basalttuff mit Kalk-, Olivin- und Basaltbomben aufgebauten Kratern, deren letzter ungefähr im Meeresniveau einen fast kreisrunden See mit salzigem Wasser enthält. Der Krater des Tabâb ist dadurch interessant, dass in seinem Boden zwei jüngere basaltische Kegel aufragen, welche einen Strom entsandten, der über die Tuffböschung zum Meere hinabfloss. Alle Laven der Umgebung von Bal Hâf und Husn el-Gurâb sind basaltischer Natur und von jenen der Umgebung von Aden gänzlich verschieden.«

Ein thätiger Vulkan am Atlin Lake östlich vom Lynnfjord im arktischen Nordwestamerika wird von W. B. Kinslowe geschildert[1]). Derselbe gehört einer Gruppe von vier hohen Bergkegeln an, die 400 *m* Höhe übersteigen. In der ersten Hälfte des Oktober 1898 erregte der Berg die Aufmerksamkeit der in seiner Nähe beschäftigten Goldsucher durch eine dichte Wolke, die an seinem Gipfel hing, und die anfangs als eine einfache Wetterwolke gedeutet wurde. Befremdlich erschien nur ihre Beständigkeit. Volle Klarheit über die Natur der Wolke wie des Berges erhielt man erst am 8. November, als sie in heller Feuerglut zu leuchten begann, und ein starker Aschenregen niederging, der den Boden weit und breit mehrere Zoll hoch bedeckte und die Leute am Birch-, Discovery-, Mc. Kee- und Pine-Creek in nicht geringen Schrecken versetzte. Gleichzeitig schwollen die an den Flanken des Vulkans herabströmenden Bäche mächtig an. Allmählich hörte dann der Aschenregen wieder auf, das Leuchten der dem Krater entflossenen Lava dauerte aber an, was die Goldsucher mit der anfänglichen Beunruhigung versöhnte; denn sie wurden dadurch in den Stand gesetzt, länger und bequemer, als es sonst an den kurzen Wintertagen unter 60° N. der Fall ist, ihrem lohnenden Gewerbe nachgehen zu können.

Die Vulkane von Minahassa (Nordostcelebes) behandelt Prof. H. Bücking[2]). Diese Vulkane sind hiernach zur Zeit in der letzten Periode ihrer Thätigkeit, die meisten im Solfatarenzustande; nur bei wenigen ereignen sich gelegentlich Ausbrüche von Asche und losen Steinen, aber keine Lavaergüsse. Zu den letztern gehören der Gunung Lokon (Gunung = Berg), »welcher zusammen mit dem G. Kasehe, dem G. Tetawiran und dem ebenfalls noch thätigen G. Empung (Empong oder G. Tompaluan) ein bis zu 1600 *m* an-

[1]) Geograph. Zeitschr. 1899. 5. p. 53.
[2]) Petermann's Mitt. 1899. p. 249 ff.

steigendes Gebirge südlich von Menado bildet, der östlich vom Lokon gelegene G. Mahawu (oder G. Rumengan), der von der Bai von Amurang aus gut sichtbare G. Seputan, der mit dem G. Manimporok (oder Tamporok) G. Sempu, G. Tonderukan und G. Kelelondey eine grosse unbewohnte, an Solfataren reiche Gebirgsmasse östlich von Amurang zusammensetzt, ferner der durch seine etwas grössere Höhe (2016.8 *m*) und mehr isolierte Stellung ausgezeichnete G. Klabat, sowie der an ihn nach NO hin sich anschliessende Doppelkegel des G. Duwa Sudara (zu deutsch: Zwei Gebrüder) und der G. Tonkoko (oder Batu-Angus). Auf die zuletzt genannten Berge hat man vom Dampfer auf der Fahrt zwischen den Inseln Bangka und Lembeh einen prachtvollen Ausblick. Sehr deutlich erkennt man dann an dem östlichen Fusse des Batu-Angus den geradezu modellartig geformten, unbewaldeten Nebenkrater G. Batu-Angus-baru und über diesem noch einen kleinern Krater von ähnlicher Gestalt. Der letzte vulkanische Ausbruch von etwas grössern Dimensionen, den die Minahassa erlebte, war der des Lokon im Jahre 1893. Nach dem Berichte von Paul und Fritz Sarasin wurden damals aus einer Öffnung auf der östlichen Seite der Einsattelung zwischen dem Hauptkegel und einem nördlich gelegenen jüngern Krater viel Schlamm und Steine ausgeworfen; auch eine lebhafte Dampfentwickelung fand an jener Stelle statt, ebenso aus einer kleinen Spalte an der Westseite des Berges. Die Solfatara war im Sommer 1898, als ich sie besuchte, noch in Thätigkeit; sogar von Menado aus konnte man bei klarem Wetter die Dampfsäule erkennen. Der Ausbruch des Lokon im Jahre 1893 war aber doch an und für sich recht unbedeutend. Der Verkehr in den nur 3 *km* entfernten Dörfern Kakaskassen und Kinilow erlitt keinerlei Störung; nur die Vegetation verbrannte und verdorrte auf etwa 500 *m* im Umkreise um die Ausbruchsstelle. Erst 1898 begannen die Wurzeln der Bäume wieder kräftig auszuschlagen, und die verbrannte Fläche überzog sich mit einem zunächst noch dünnen, grünen Pflanzenteppich.«

»Viel bedeutender waren die ältern Ausbrüche des G. Seputan, des G. Klabat und des G. Tonkoko, von welchen Jungbuhn berichtet. Der Klabat (oder G. Kemas) hatte 1683 einen heftigen Ausbruch, der von einem starken Erdbeben begleitet war und einen grossen Teil des umliegenden Landes verwüstete. Jetzt entwickelt der grosse, nach der Westseite hin geöffnete Gipfelkrater nur noch heisse Wasserdämpfe. Der G. Tonkoko stiess nach langer Ruhe zum erstenmal 1801 wieder Feuer, Asche und Steine aus. Die ausgeworfene Asche trieb bis nach Kema, Ajermadidi und Menado. Die Steine, grau, scharfeckig und porös, waren zum Teil faustgross; sie bildeten einen Trümmerstrom, der sich nach NO bis in das Meer vorschob. Auch der parasitische Krater (G. Batu-angus-baru) scheint sich damals gebildet zu haben.

Der G. Seputan (Soputan, auch Saputang, Wailan und Vulkan von Tonsawang, letztere beiden Namen bei Reinwardt) hatte früher

alle Jahre oder ein um das andere Jahr einen Ausbruch von Asche, Sand und Steinen, wobei die Asche bisweilen bis nach Amurang und weiter auf etwa 30 *km* von dem Vulkan entfernt getragen wurde. Kleine Steine schleuderte er bis Langowan, etwa 13 *km* östlich von dem Vulkane gelegen. Asche wurde meistens in solcher Menge ausgespieen, dass die benachbarten, immerhin 10 *km* entfernten Reisfelder davon überschüttet wurden, und die Ernte verloren ging. Der letztere stärkere Ausbruch ereignete sich im Jahre 1838; er hielt zwei Tage an. Die Menge der ausgeschleuderten Asche war so gross, dass die Sonne ganz verdunkelt wurde; zu Amurang erreichte die Aschenlage eine Dicke von vier Zoll. Steine wurden nur in verhältnismässig geringer Menge gefördert; immerhin aber sollen einzelne, so gross, dass zwei Männer sie nicht zu umfassen vermochten, auf 2—3 *km* Abstand weggeschleudert worden sein.

Der dem Seputan gegenüberliegende G. Sempu hatte nach Reinwardt seinen letzten Ausbruch im Jahre 1819. Der G. Mahawu, (oder Mahoba, Rumengan) östlich von Lokon soll 1789 zum letztenmal thätig gewesen sein; jetzt finden aus dem weiten Krater, der einen kleinen See am Boden besitzt, nur noch schwache Dampfentwickelungen statt.

Ein ausgebrannter Krater ist nach Meyer auch der 834.4 *m* hohe kegelförmige Pik Menado tuwa, der die kleine Insel gleichen Namens bildet und, weithin sichtbar am Eingange in die Bai von Menado gelegen, den Seeleuten eine um so willkommenere Marke ist, als die Nordküste von Celebes entlang alle künstlichen Seezeichen fehlen.

Ebenso sind viele ander, weniger auffallende Berge wegen ihrer Form und ihres Aufbaues als alte Vulkane anzusehen. Ausserdem deuten Fumarolen, Schlammsprudel und kochend heisse Quellen, die man allenthalben im Lande trifft, darauf hin, dass der in der Tiefe vorhandene vulkanische Herd eine grosse Verbreitung besitzt. Auch die heftigen Erdbeben, von welchen die Minahassa öfters heimgesucht wird, zum letztenmal bei dem Ausbruche des etwa 250 *km* entfernten G. Awu auf Gross-Sangi im Juni 1892, sind wohl ohne Ausnahme auf vulkanische Kräfte zurückzuführen.«

Prof. Bücking besuchte 1898 die nahe der Strasse von Langowan und Tompaso liegenden heissen Quellen, Fumarolen und Schlammsprudel. Letztere bilden die Hauptmerkwürdigkeit von Langowan, welche schon Wallace besucht und beschrieben hat. »Eine Menge kleiner, meist nur 1—2 *m* breiter und ebenso tiefer Becken sind mit einem hellgrauen zähflüssigen Schlamme erfüllt, der heftig kocht und Blasen aufwirft. In einem etwas grössern Pfuhle, der an 7 *m* Durchmesser besitzt, brodelt es wohl an 20—30 Stellen; einzelne Schlammtropfen werden 2 *m* hoch emporgeschleudert. Der Schlamm hat die Temperatur des kochenden Wassers. Tiefenmessungen waren nicht ausführbar, da ein Nähertreten mit Gefahr verknüpft ist; Wallace erzählt, dass einige Jahre vor ihm ein Franzose die Sprudel besuchte, sich zu nahe an den flüssigen Schlamm wagte und, als die Kruste nachgab, in den furchtbaren Kochkessel hineinstürzte.«

6. Erdbeben.

Die sächsischen Erdbeben von 1889 — 1897 unterzog Hermann Credner einer speziellen Bearbeitung[1]). Die Ausgangspunkte der sächsischen und besonders der vogtländischen Erdbeben der Jahre 1878—1897 sind an Gebiete grösserer tektonischer Störungen gebunden; die Beben sind deshalb zu den tektonischen zu zählen. Diese tektonischen Störungen (Dislokationen) haben jedoch mit den Beben als solchen nur das zu thun, dass jene Gebiete dadurch zur Erdbebenentstehung besonders geeignet sind; die unmittelbare Erregung der seismischen Thätigkeit selbst dürfte jedoch in andern Ursachen, als dem gebirgsbildenden Drucke, zu suchen sein. Dies wird dadurch wahrscheinlich gemacht, dass die sächsischen wie die vogtländischen Erdbeben sowohl nach ihrer Zahl, als auch nach ihrer Stärke einer zweifachen Periodizität unterworfen sind; sie bevorzugen nämlich in beiden Beziehungen einerseits den den Winter einschliessenden Jahresabschnitt vom September bis zum März, insbesondere die Monate Oktober, November und Dezember, und anderseits den die Nacht einschliessenden Tagesabschnitt von 8 Uhr abends bis 8 Uhr morgens, und zwar namentlich die Zeit von Mitternacht bis 8 Uhr früh.

Die Ursache der Periodizität der bisher genau verzeichneten sächsischen Beben, auf die sich, wie betont wird, die obigen Ableitungen ausschliesslich und ohne Verallgemeinerung beschränken — also eine etwaige Abhängigkeit dieser seismischen Ereignisse von Einflüssen des Klimas, des Luftdruckes, der Niederschlagsmenge und von Konstellationen — bereits jetzt erörtern zu wollen, wäre ein verfrühtes Unternehmen. Ein solcher Versuch wird erst dann mit Aussicht auf Erfolg unternommen werden können, wenn die Erdbebenbeobachtungen in dem gleichen Schüttergebiete noch durch längere Zeit fortgesetzt sein werden.

Die Erdbeben in Griechenland 1893 bis 1898 sind von D. Eginitis statistisch behandelt worden[2]). Es wurden während dieser sechs Jahre im ganzen 3187 Bodenerschütterungen bemerkt, jährlich also im Durchschnitte 531. Auf die einzelnen Jahre verteilen sich wie folgt:

1893	876 Beben	1896	508 Beben
1894	659 »	1897	237 »
1895	491 »	1898	416 »

Die Jahre 1893 und 1894 scheinen zu einer Periode häufiger und kräftiger Beben gehört zu haben, in der Zante, Theben und und Locris in Griechenland, Konstantinopel und Sicilien, sowie noch entferntere Orte, heftig erschüttert wurden.

---

[1]) Abhandlg. K. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 24.
[2]) Compt. rend. 1899. 1. No. 26.

Die Erdbeben waren zahlreicher in den Monaten März, April, Mai und Dezember; das Monatsmaximum (395 Beben) fällt auf den Mai, das Minimum (154 Beben) auf den Oktober. Die seismische Energie wächst schrittweise vom Jahresanfange bis zum Monat Mai, darauf sinkt sie bis zum Oktober; auf September und Dezember fallen zwei sekundäre Maxima, von denen das letztere scharf zum Ausdrucke gelangt. Nach den Jahreszeiten sind die 3187 Erdbeben folgendermassen verteilt:

Winter	Frühling	Sommer	Herbst
755	1077	767	588

Demnach fällt das Maximum auf den Frühling, das Minimum auf den Herbst, die beiden andern Jahreszeiten zeigen keine grossen Unterschiede. Diese Ergebnisse weichen erheblich von den sonstigen statistisch ermittelten ab, denen zufolge die Erdbeben in der kalten Jahreszeit häufiger sind, als in der warmen, und liefern eine Warnung vor Verallgemeinerung der auf beschränkten Gebieten gewonnenen Untersuchungsergebnisse.

In der Nacht traten 1833, am Tage 1354 Beben auf; für die Tagesstunden fiel das Maximum (347) auf die Morgenstunden zwischen 4 und 6 Uhr, das Minimum (176) ebenfalls auf die Morgenstunden, von 8 bis 10 Uhr. Diese statistischen Ergebnisse weichen wiederum von frühern ab, wenigstens in Betreff des Stunden-Maximums und -Minimums. Das Überwiegen der nächtlichen Beben kann sehr wohl ein nur scheinbares sein, durch den Umstand, dass während der Tagesarbeit schwache Beben nicht bemerkt werden.

Nach den Mondphasen verteilt, ergiebt sich das Maximum für den Vollmond und das Minimum für den Neumond; auch dieses Resultat stimmt nicht mit anderweitig ermittelten überein, insbesondere nicht mit der Folgerung von A. Perrey, wonach eine innige Verbindung zwischen den Mondsyzygien und der grössten Häufigkeit der Erdbeben bestehen soll deshalb, weil diese durch die von der Anziehungskraft des Mondes auf das Erdinnere hervorgerufene Flutwelle entständen. Demnach müsste also auch auf den Neumond ein Maximum fallen, das Minimum dagegen auf ein Mondviertel. Abgesehen von der grossen Unwahrscheinlichkeit, die nach Eginitis aus mehrern, auf Theorie und Beobachtungen beruhenden Gründen dieser Hypothese anhaftet, ist der Zahlenunterschied der auf die beiden Syzygien (1636 Beben) und der auf die Quadraturen (1532) fallenden Beben zu gering, um ihn theoretisch verwerten zu können.

Auch zu der Stellung des Mondes in seiner Bahn zeigt die Häufigkeit der Erdbeben keine Beziehungen. Die Zahl der Beben im Perigäum weicht nicht erheblich von der im Apogäum ab; jene beträgt 558, diese 603; übrigens fällt in drei von sechs Beobachtungsjahren das Maximum auf das Perigäum und in den drei andern auf das Apogäum. Die Erdbeben waren fast doppelt häufiger im Aphel als im Perihel der Erde.

Die Erdbeben auf Island vom 26. August bis 10. September 1896. Th. Thoroddsen hat im Sommer 1897 die von diesen Erdbeben betroffenen Gegenden besucht. Beinahe das ganze südliche Tiefland Islands (4000 *qkm*) wurde durch die Erdbeben stark erschüttert, aber ausserhalb dieses Gebietes waren die Erschütterungen nur schwach[1]). »Die heftigsten Stösse fanden statt: am Abende des 26. August um $9^h\ 50^m$, 27. August morgens $9^1/_2{}^h$, 5. September um $10^1/_2{}^h$ abends, 6. September um 2^h morgens und den 10. Septemper um $11^h\ 20^m$ vormittags. Zwischen diesen stärksten Stössen wurden ausserdem viele kleinere Erschütterungen verspürt, und die Bewegungen setzten sich bis Mitte Juli 1897 fort; aber nur die vorhergenannten thaten an Häusern und Eigentum Schaden. Die Zeit kann für die Erdbeben nicht mit voller Sicherheit bestimmt werden, da es in Island keine Seismometer oder vollkommen genaue Zeitmesser giebt. Die Erdbeben waren sehr stark, die Erde zerschlug sich in unzählige grosse Spalten, Bergstürze fielen zu Hunderten von den Bergen herab, warme Quellen veränderten sich, und fast alle Gehöfte im südlichen Tieflande wurden mehr oder weniger beschädigt. Vieles Vieh, Kühe und Schafe, starb, doch nur drei Menschen kamen um, aber viele wurden verletzt. Dass nicht mehr Menschenleben verloren gingen, liegt an der Bauart der isländischen Gehöfte: jedes Gehöft besteht aus vielen niedrigen und kleinen Häusern, inwendig von Holz, auswendig mit Grastorf bedeckt; ausserdem sind viele kleine Stallgebäude auf dem eingehegten Grasfelde, dem tún, verstreut. Bei den ersten Stössen am 26. und 27. August wurden besonders die östlichen Bezirke (Rangárvallasýsla) östlich der Thjórsá erschüttert. In der Rangárvallasýsla gab es vor den Erdbeben 588 Gehöfte mit 3118 Wohnhäusern und 5739 Stallgebäuden; von diesen Gebäuden waren nach dem Erdbeben von den Wohnhäusern 603 ganz eingestürzt und 1517 sehr beschädigt, von den Stallgebäuden 1412 ganz eingestürzt und 1855 sehr beschädigt. In einer einzelnen Gegend der Rangárvallasýsla, die »Land« heisst, waren von 228 Wohnhäusern 163 ganz eingestürzt. Bei den Erdbeben am 5., 6. und 10. September litten die westlichen Gegenden am meisten: über 100 Gehöfte wurden fast ganz zerstört und viele beschädigt; nähere statistische Aufschlüsse hat man von dort noch nicht.«

»Das südliche Tiefland Islands, das sich vom Eyjafjallajökull bis zur Selvogsheidi erstreckt, ist von einem Kreise höherer und niedrigerer Tuffberge umgeben, die den Abfall von dem oberhalb liegenden unbebauten Hochlande bilden. Die Unterlage des Tieflandes besteht ebenfalls zum grossen Teil aus Tuff, so in den Gegenden: Flói, Ölfus und Skeid; Basalt bildet die Unterlage für Hollt und das östliche Flói, aber in Rangárvellir tritt der Tuff wieder hervor. In der Oberfläche finden sich bedeutende neuere Bildungen, ausser alluvialen und diluvialen Massen auch Lava in Flói, Skeid und Land. Diese Lava ist der unterste Teil des etwa 2000 *qkm*

---

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1898. No. 5.

grossen Lavastromes, den die Vulkane an den Fiskivötn einst in vorhistorischer Zeit ausgegossen haben. Im östlichen Hollt und in Rangárvellir ist die Oberfläche mit alten mächtigen Flugsandbildungen bedeckt. Das Tiefland ist ein Senkungsgebiet, das von tiefliegenden Bruchlinien begrenzt wird. Grössere Erdbeben in diesen Gegenden scheinen mit diesen Bruchlinien in Verbindung zu stehen, so dass die Gegenden, die zunächst an den Bergen liegen, welche das Tiefland umschliessen, am meisten verheert worden sind, während die Küstenstrecken in der Mitte dieses Gebiets nicht annähernd so schwer gelitten haben, wie die höher liegenden Gegenden und die Grenzgegenden gegen Osten und Westen. Die Gegenden mit der grössten Erdbebenintensität bilden einen unregelmässigen Bogen von den Eyjafjöll über Rangárvellir, Land Hreppar, Skeid, Flói und Ölfus. Aus den historischen Überlieferungen von den vielen frühern Erdbeben, die hier stattgefunden haben, geht jedoch deutlich hervor, dass diese ganze lange Strecke nicht auf einmal erschüttert worden ist. Die geologische Untersuchung weist darauf hin, dass die unter dem Tieflande liegende Landplatte durch transversale Brüche in kleinere Stücke geteilt ist, die bei den Erdbeben jedes für sich bewegt werden. Die Bewegung der verschiedenen Stücke beginnt meist im östlichsten Teile von Rangárvellir und setzt sich nach Westen bis Ölfus fort. Dies war auch 1896 der Fall: am Abende des 26. August wurden Rangárvellir, Land und der östliche Teil von Hreppar, am Morgen des 27. August am stärksten Vestrihreppur, besonders die Landstrecke zwischen Kálfá und Minni-Laxá, erschüttert. Erst am Abende des 5. September geriet das Basaltgebiet in Hollt und Flói in Bewegung und Ölfus am Morgen des 6. September. Die Thingvallasveit und Grímsnes wurden dagegen erst am 10. September erschüttert. Damit hatten die Erdbeben die ganze Linie durchlaufen, und alle Stücke des südlichen Tieflandes, die bei ältern Erdbeben erschüttert worden sind, waren nun auch bewegt worden.

Während der Bewegung jedes einzelnen Landstückes war der Erdbebenstoss hier sehr kräftig, und die Bewegung von unten nach oben gerichtet, so dass Flüssigkeiten, z. B. Milch in Kübeln, gerade empor geschleudert wurden, ohne dass der Kübel selbst umgeworfen wurde; aber von dem bewegten Stücke aus pflanzten sich die Erdbebenwellen nach allen Seiten über das ganze Tiefland fort und wurden von allen Augenzeugen, die sich unter freiem Himmel befanden, wahrgenommen. Die Wellenbewegung war nach der geologischen Beschaffenheit des Terrains verschieden, und einzelne Gehöfte in stark erschütterten Gegenden blieben verschont, wo die Erdbebenwellen auf die eine oder die andere Art gehemmt wurden. In Ölfus, das aus Tuff, Diluvium und Alluvium besteht, liegt der Pfarrhof Arnarbaeli mit zwei Reihen kleinerer Gehöfte auf einem Basaltgrat lotrecht zu der Erdbebenwelle, die von Norden kam; der Stoss war so stark, dass alle Gehöfte auf der Nordseite des Basaltgrates

in einem Augenblicke in Schutt zerfielen, während die, welche im Schutze auf der Südseite des Grates lagen, nur wenig beschädigt wurden. Durch dieses Hindernis wurde der Rückschlag der Erdbebenwelle so stark, dass Leute, die draussen auf einem Heuhaufen lagen, von diesem fort, 5 bis 6 *m* weit nordwärts geschleudert wurden und ein beinahe 2 *m* hoher Kachelofen drinnen im Pfarrhofe 8 *m* weit gegen die Erdbebenbewegung geworfen wurde.

Die Veränderungen, welche die Erdbeben an der Erdoberfläche anrichteten, waren sehr bedeutend. Grosse Bergstürze gingen von allen Bergen in diesen Gegenden nieder. Der einzeln stehende Berg Skardsfall in Land, der eine relative Höhe von 227 *m* hat, war mitten in der stärksten Bewegung und trägt auch viele Spuren des Erdbebens. Dieser Berg war bis hinauf zum Rande mit dickem Erdreiche bedeckt, und dieses wurde in riesigen Stücken abgerissen, die auf das Tiefland herabfielen und dort in gewaltigen Haufen liegen; es ist, als wären die Bergwände wie eine Frucht abgeschält. Der Berg besteht aus Tuff und Breccie und ist von einer Menge Spalten durchklüftet worden. Die Einwohner behaupten, er sei nach dem Erdbeben niedriger geworden als zuvor; da er aber vorher nicht gemessen worden ist, konnte die Richtigkeit dieser Behauptung nicht festgestellt werden. Ein Augenzeuge berichtet, dass der Berg während der Erdbeben einem Pudel geglichen habe, der sich schüttelt, nachdem er soeben aus dem Wasser gekommen ist. An dem Abhange (1 bis 2°) an der Thjórsá in der Nähe des Krókur löste sich ein Stück Erdreich von der Unterlage und wurde 29 *m* weit von seinem ursprünglichen Platze entführt, obgleich die Neigung so gering war; dieses Stück Erdreich hat eine Grösse von 10.354 *qkm* und eine Dicke von $2^1/_2$ *m*. Die Erdbebenspalten in diesen Gegenden sind unzählig, aber die grössten wurden in Land und Skeid beobachtet; hier finden sich Risse von 10 bis 15 *km* Länge und oft von einer Breite von 2 bis 4 *m*.

Die warmen Quellen wurden sehr verändert. In Ölfus entstand während der ungewöhnlich starken Erdbeben in der Nacht zwischen dem 5. und 6. September eine neue Quelle, ein Wasserbecken, 16 *m* lang und 8 *m* breit, das im Juni 1897 an der Oberfläche eine Temperatur von 72° C. hatte. Während des Erdbebens selbst entsandte diese Quelle Dampf und Grus bis zu einer Höhe von 200 bis 250 *m* in die Luft empor. In Biskupstungur fand sich zu Reykholt vor den Erdbeben eine Quelle, die im Jahre 1889 nur $^1/_2$ bis 1 *m* hoch sprang und eine Temperatur von 98° hatte; jetzt wirft sie grosse Wassermassen bis 10 *m* hoch, hat aber an der Oberfläche 96° Wärme. Am 23. Juli 1897 währte jeder Ausbruch 2 bis 5 Minuten, worauf eine Pause von 4 bis 5 Minuten stattfand, bis ein neuer Ausbruch begann. Viele andere Quellen und Quellengruppen sind sehr verändert worden, so besonders die Quellen um den Geysir her. Vor den Erdbeben sprudelte der grosse Geysir sehr unregelmässig und oft mit langen Zwischenräumen, seitdem

springt er täglich und oft höher als zuvor. Am 24. Juli 1897 mass ich die Wasserstrahlen des Geysir, die eine Höhe von 40 *m* hatten. Die bekannte Quelle Strokkur, die sich bei dem Erdbeben von 1789 bildete und seitdem immer gesprudelt hat, hat nun alle Ausbrüche eingestellt; aber die Röhre ist voll Wasser mit einer Temperatur von 70°. Die Quelle Blesi, die vor 1789 gesprudelt hatte, aber seitdem still gewesen war, hat nun wieder begonnen, unruhig zu werden, und eine neue sprudelnde Wasserröhre hat sich in der Nähe gebildet nebst einem zweiten 5 *m* langen und 4 *m* breiten Wasserbecken mit einer Temperatur von 95°.

Das grosse indische Erdbeben am 12. Juni 1897 bildete den Gegenstand einer Abhandlung von G. Agamennone[1]), von der Ehlert folgenden Auszug giebt[2]).

Während das Epizentrum etwa in der Gegend von Cherrapunji bei 25° nördl. Br. und 90° östl. L. v. Gr. angenommen werden kann und das Shillong-Plateau betraf, übertrifft die Zone der mehr oder minder grossen Zerstörungen 500000 *qkm*, und dasjenige Gebiet, innerhalb dessen das Erdbeben überhaupt (makroseismisch) verspürt wurde, beträgt etwa 4 Millionen *qkm*. Nach den Untersuchungen von Omori, Oldham und La Touche ist das Beben ein tektonisches, mit der Bildung des Himalaya und seiner südlichen grossen Verwerfungen zusammenhängend, und besass eine Tiefe von einigen 40 *km*. Die Ausbreitung bevorzugte die Richtung nach SW. Der Hauptstoss soll eine ungefähre Dauer von 2^m gehabt haben, es folgten ihm fünf stärkere und unzählige kleinere Nachbeben. Die Zeitangaben für Kalkutta schwanken zwischen $12^h\ 4.6^m$ und $12^h\ 7^m$ (M. E. Z.), dementsprechend resultieren auch für die Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen nach Europa hin zwei Werte. Dort ist das Beben nämlich an vielen Stationen durch bedeutende Seismogramme registriert worden, deren erster Beginn auf etwa $12^h\ 17^m$ fällt. Agamennone berechnet mit Zuhilfenahme der sphärischen Distanzen die mittlere Geschwindigkeit und erhält, wenn er nur die besten Stationen (mit schnell bewegtem Registrierstreifen) berücksichtigt, für die Anfangsbewegung 9 oder 11 *km*-Sek., im Mittel also 10 *km*. Während diese ersten Schwingungen eine Periode von etwa $^1/_2{}^s$ besassen, treten bei einigen wenigen Stationen gegen $12^h\ 40^m$ Wellen von 10^s (einfacher Periode) auf, für diese würde eine Geschwindigkeit von 2.7 *km*-Sek. resultieren. Dass Agamennone bei denjenigen Stationen, welche diesen Wechsel nicht zeigen, die Zeit der maximalen Bewegung als entsprechend betrachtet, scheint nicht gerechtfertigt. Diese langsamen Wellen, welche eine Ablenkung von 12″ und 54 *km* Länge besitzen, würden eine Amplitude von 0.5 *m* haben. Die Anfangsbewegung hat sich

[1]) Rendiconti R. Acc. dei Lincei 1898 7. 1. Sem., Ser. Va., fasc. 9.
[2]) Petermann's Mitt. 1899 Litteraturbericht No. 199.

offenbar direkt in der Sehne des Bogens Kalkutta—Mitteleuropa fortgepflanzt und hat eine Tiefe von 1200 *km* erreicht. — Auch in diesem Falle ist es zu bedauern, dass dem Verfasser das Strassburger Seismogramm nicht bekannt geworden ist. Dort ist die Störung ebenfalls exzeptionell, Anfang 12^h 17.9^m, Dauer drei Stunden, infolgedessen eine Geschwindigkeit von 9.4 und 11.4 *km*, bezogen auf die beiden Zeitangaben zu Kalkutta.

Dass dies Erdbeben, bemerkt Ehlert weiter, kein vulkanisches, sondern ein tektonisches war, ist ausser Zweifel; der Herd muss sehr tief gelegen haben, da in einem Umkreise von 150 *km* Radius der Hauptstoss völlig gleichzeitig um 5^h 19^m (M. O. Z. Shillong) verspürt wurde. Derselbe dauerte 30^s an, und er allein richtete die unsäglichen Verwüstungen an, welche in Assam zugleich über 1542 Menschenopfer verlangten. Die Hauptbewegung, welche sich vom Epizentrum (W von Cherrapunji) radial gleichmässig ausbreitete, dauerte 3^m. Die Seismometer in Shillong (umfallende Säulen) zeigten dort die Richtung SSW—NNO an. Die Nachbeben, welche bis Mitte August anhielten, waren in den ersten drei Tagen sehr zahlreich, etwa 200—300 Stösse pro Tag. Interessant ist das Auftreten von Erdspalten (bis 5 *m* Breite, von Sandkegeln, Grundwassereruptionen; der Brahmaputra stieg für drei Tage um 2 *m*, und er sowie andere Ströme richteten dadurch an ihren natürlichen Uferdämmen, welche (wegen ihrer Trockenheit während der Regenzeit) bebaut waren, ungeheures Unglück an.

Das Erdbeben auf Haiti am 29. Dezember 1897. Nach G. Agamennone muss das Epizentrum dieser um $6^1/_2$ Uhr (mittlere Ortszeit) mit grosser Heftigkeit aufgetretenen Erderschütterung in $19^1/_2{}^0$ nördl. Br. und 71^0 westl. L. v. Gr. gesucht werden. In Santiago, 30 *km* entfernt, war die Erschütterung stark, ebenso in Puerto-Plata, 40 *km* ab; in Port-au-Prince, 170 *km* südwestlich vom Epizentrum, hat ein Seismograph von der Erschütterung eine sehr bemerkenswerte Kurve aufgezeichnet. Das ganze Erschütterungsgebiet kann nach den vorliegenden Berichten auf 125000 *qkm* geschätzt werden. Nach dem ersten Stosse folgten im Laufe eines Monats etwa 40 kleinere Wiederholungen, nach denen der Boden seine gewohnte Ruhe erlangt hat. Der erste sehr heftige Stoss hatte nicht allein den Seismographen in Toronto (Canada), in einer Entfernung von 2800 *km*, in Bewegung gesetzt, sondern auch, freilich nur sehr leicht, in Europa die empfindlichen Apparate affiziert, namentlich die italienischen, und reichte bis nach Nicolajef, das einen ganzen Erdquadranten vom Epizentrum entfernt ist. Da der Seismograph von Port-au-Prince, woselbst ein Observatorium existiert, eine sehr genaue Bestimmung des Anfanges des Stosses ermöglichte, konnte man durch Vergleichung mit dem Beginne der Störungen an den Instrumenten in Europa feststellen, dass die schnellsten, seismischen Wellen sich bis nach Italien mit der mittlern Oberflächen-

geschwindigkeit von etwa 10 *km* in der Sekunde fortgepflanzt haben. Diesen (wahrscheinlich longitudinalen) Wellen folgten, wie gewöhnlich, die charakteristischen, langsamern Bodenschwingungen, von denen die grössten sich mit der Geschwindigkeit von im Mittel etwa 3 *km* in der Sekunde fortgepflanzt. — Agamennone weist zum Schluss darauf hin, dass, wenn man die Zeit von Port-au-Prince nicht hätte und den Berechnungen die Angaben aus Toronto zu Grunde legen würde, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit sich ganz ungewöhnlich gross ergeben würde, wahrscheinlich, weil Toronto erst von den stärkern Wellen Spuren besitzt, während die frühern, schnellern Bewegungen schwächer gewesen und den Seismographen nicht beeinflusst haben, wohl aber die empfindlichern Apparate in Europa [1]).

Die 1898 im holländischen Indien wahrgenommenen Erdbeben verzeichnet der vom Meteorologischen Observatorium zu Batavia ausgegebene Bericht [2]). Die Zahl derselben beträgt m

Januar	13	Mai	4	September	10
Februar	16	Juni	10	Oktober	11
März	6	Juli	9	November	71
April	15	August	9	Dezember	12

Erdbeben auf Island am 27. Februar 1899. In der Nacht vom 26. zum 27. Februar wurden in Reykjavík zwei starke Erdstösse verspürt. In der folgenden Nacht kamen zwischen 1 und 2^h kurz hintereinander drei so heftige Stösse, dass die Bevölkerung zum Teil den Morgen auf der Strasse erwartete, und den ganzen 27. hindurch kamen weitere Stösse, besonders nachmittags $^1/_2 5^h$. Am Kap Reykjanes war das Erdbeben so heftig, dass die Treppe vor der Leuchtturmthüre sich loslöste. Der Leuchtturm selbst ist nicht beschädigt. Im Hause des Wärters fiel im obern Geschoss ein Ofen um, und stürzte der Schornstein ein, auch wurden kleinere Hausratstücke beschädigt und der steinerne Wall um den Garten zerstört. Zweimal vierundzwanzig Stunden lagerten hier die Leute in einem Schuppen. In der Nähe des benachbarten Gunnuhvers (der heissen Quelle Gunna) entstand eine rauchende Spalte von beiläufig 376.6 *m* Länge. Auch in den Middalir (Dalasýsla) und in der Húnavatussýsla sind Stösse verspürt worden, während im Gebiete des Ayser Erdbebens nichts gemerkt wurde.

In Keflavík, nicht weit von Reykjanes, der Halbinsel, auf der das Erdbeben am stärksten war, wurden in der Zeit von 1 bis $^1/_2 3^h$ nachts am 27. Februar nicht weniger als zwölf Stösse verspürt, von denen einige an Heftigkeit den stärksten des grossen Erdbebens 1896 nicht nachstanden. Auch hielten die Erschütterungen den ganzen Vormittag hindurch an. Sie schienen aus WSW zu kommen.

---

[1]) Atti R. Accad. dei Lincei Rendic. 1898, Ser. 5, 7 (2), p. 316. Naturwissenschaftl. Rundschau 1899, No. 14.

[2]) Natuurkundig Tijdschrift voor Ned. Indië Deel 49. aff. Batavia 1899.

Der Leuchtturmwärter von Reykjanes hat folgenden Bericht abgegeben: »Am Abende des 26. Februar, eines Sonntags, kam um 6^h 34^m ein heftiger Erdstoss, um 8^h 30^m noch einer. Von da an kamen die ganze Nacht durch welche, in Zwischenräumen von nicht über 30^m, und oft vergingen Stunden, ohne dass es ganz ruhig wurde. Die Stösse selbst dauerten nur kurz, ungefähr je fünf Sekunden. Um 5^h früh erfolgte der letzte. Das Leuchtfeuer wurde die ganze Nacht hindurch unterhalten. Am folgenden Tage, den 27. Februar, kamen bis nachmittags 4^h 30^m nur vereinzelte und sanfte Stösse. Von da an aber wurden sie so heftig, dass der Schornstein im Wohnhause des Leuchtturmwärters die Stiege hinunterstürzte, ein Ofen im obern Stockwerke umfiel, diejenigen im Erdgeschosse schwankten, und lose Gegenstände niederfielen. Ein Bücherschrank stürzte zu Boden, ein Spinnrad zerbrach, und die Speisevorräte wurden beschädigt. An der östlichen Seite des Hauses wich die Grundmauer an den Ecken, und der steinerne Knick um das sogenannte tún, d. i. das sorgfältig gepflegte Land rings um das Anwesen, stürzte ein. Die Bewohner wagten nicht, in der Nacht im Hause zu bleiben, weil von dem Berge, an dessen Fusse es steht, beträchtliche Mengen Gestein herabfielen, und verbrachten sie in einem Schuppen am Strande. Die folgende Nacht konnte wegen der fortwährenden Erschütterungen das Leuchtfeuer nicht unterhalten werden. Dienstag den 28. morgens zeigte sich beim Betreten des Leuchtturmes, dass die Treppe an der Thüre losgesprungen war, und die Lampe, die, bereit zum Anzünden, im Leuchter hing, war auf die Seite gefallen und hatte ein Loch im Behälter; das Öl war auf den Wagen und die Drehvorrichtung geflossen, mittels deren das Feuer bewegt wird. Der Fussboden lag voll Glassplitter. Das Gerätehaus, das zum Leuchtturme gehört und aus Lavablöcken erbaut ist, hatte ziemlich bedeutende Risse in den Wänden. In der Nähe der Springquelle Gunnuhver dicht beim Wohnhause des Wärters, auf dem sogenannten Quellenfelde (Hveravellir), hatte die Erde eine Spalte, die in einer Länge von etwa 200 isländischen Klaftern (376.6 *m*) von NO nach SW verlief, und aus der mächtige Rauchwolken aufstiegen. Die Quelle sprang etwa vier isländische Ellen ($2^1/_2$ *m*) hoch. Der letzte Stoss erfolgte am 28. Februar um 10^h vormittags.«

In der Gemeinde Álptanes wurde am 26. Februar zwischen 12 und 1^h mittags ein leiser Stoss verspürt; nachts um 2^h kamen drei heftigere Stösse, so dass auf manchen Höfen die Leute sich in die Kleider warfen, und bis zum Montag Mittag folgte ein Stoss dem andern.

Aus dem Hrútafjörd wird geschrieben: Sonntag den 26. kam hier um 1^h 25^m mittags ein kurzer Erdstoss, zwar nicht so heftig, dass Gegenstände umgefallen wären, doch stark genug, dass offene Thüren sich in ihren Angeln bewegten und Gläser und Schüsseln in den Schränken aneinanderstiessen und klirrten. Bis zum 28. hielten die Stösse an, wenn auch minder stark als der erste.

Auch im Skagafjörd wurden in den letzten Tagen des Februar sowie am 1. und 2. März Erdstösse verspürt, von denen einige recht heftig waren. Ebenso werden aus dem nördlichen Teile der Strandasýsla um die Wende der Monate Februar und März Erschütterungen gemeldet, die vom 26. bis zum 28. Februar am stärksten auftraten.

Endlich wird aus der Sudur-Pingeyjarsýsla berichtet, dass es dort während des Winters öfters Erdbeben gab: das erste Mal Ende Januar, das heftigste vom 26. bis 28. Februar. Die Erschütterungen kamen aus SW.

Eine geometrische Theorie der seismischen Erscheinungen hat R. v. Kövesligethy gegeben[1]). Diese Arbeit bildet eine mathematische Durchführung der Schmidt'schen Theorie und führt zu dem Ergebnisse, dass Erdbebenstrahlen von einer gewissen Tiefe ab die Oberfläche nicht mehr erreichen, und zwar ist dies der Fall, wenn der (punktförmig angenommene) Herd der Erschütterung einige Tausend Kilometer tief liegt.

7. Inseln.

Die Insel Alboran ist vom Erzherzog Ludwig Salvator wissenschaftlich untersucht und geschildert worden[2]). Diese fast unbewohnte und fast nur in Fachkreisen bekannte kleine Insel des westlichen Mittelmeeres liegt ziemlich zwischen dem Kap de Gata, das den Golf von Almeria begrenzt, und dem Kap de Tres Forcas an der Marokkanischen Küste. Lotungen haben einen Zusammenhang zwischen den beiden Kaps festgestellt, der überdies auch durch die Ähnlichkeit der Gebirgsarten, sowie durch die Stellung ihrer Schichten angedeutet ist. Beide Vorgebirge und die Insel Alboran bilden die abgebrochenen Überreste des ehemals zusammenhängenden Festlandes. Die Insel ist von Melilla bloss 39, von Malaga 84, von Almeria 59 und von Adra 48 Meilen entfernt. Letzteres ist demnach der nächste spanische Ankerplatz. Das Eiland bildet ein Dreieck; die Länge beträgt 576 *m*, die grösste Breite 239 *m*, der Flächeninhalt rund 86 *ha*. Im Osten ist Alboran die isoliert stehende Isla de la Nabe vorgelagert. Die bedeutendste Anhöhe ist jene, worauf der Leuchtturm steht; sie hat eine Höhe von 19 *m*. Die Insel ist von zahlreichen Riffen und Untiefen umgeben und weist senkrechte Abstürze auf, in denen durch die zerstörende Wirkung der Wellen an verschiedenen Stellen Höhlen ausgespült worden sind. Sie ist beständig Winden ausgesetzt, die am stärksten in den Monaten Dezember und März wehen und das Meer so aufpeitschen, dass man in Alboran geradezu in einer Luft voll zerstäubten Seewassers lebt.

---

[1]) Mathem. u. naturwiss. Beiträge aus Ungarn 13. p. 418.
[2]) Alboran. Prag. Verlag von Heinrich Mercy Sohn 1898.

Alboran ist sehr felsig; die Schicht vegetabilischer Erde ist nur sehr dünn und wird durch die Zersetzung der allerdings nur in geringem Masse vorkommenden Pflanzen, sowie durch den Guano gebildet, den die daselbst nistenden Seevögel absetzen; das vorherrschende Gestein ist ein leicht zersetzbarer, mergeliger Tuff von gelblicher Farbe. Genaue Untersuchungen haben ergeben, dass die Insel nicht aus vulkanischen, sondern aus sedimentären Schichten geringen Alters besteht. Die Vegetation auf Alboran ist äusserst spärlich; zu den häufigsten Pflanzen gehört eine Art Frankenia. Dagegen ist die Insel reich an Seetangen. So gering wie das Pflanzen- ist auch das Tierleben. Früher hat es zahlreiche Kaninchen gegeben; jetzt ist ihre Zahl auf ein Minimum zusammengeschrumpft. Auf Alboran fehlen Schlangen, Eidechsen, Skorpione und Ratten; dagegen giebt es hier viel Silbermöven, die namentlich die Isla de la Nube gern aufsuchen. Die Ufer Alborans sind sehr fischreich und zur Beherbergung von Seetieren wie geschaffen. Ein Hund und die wenigen von den Leuchtturmwärtern (Torneros) gehaltenen Hühner bilden die einzigen Haustiere. Versuche der Torneros, Hammel aufzuziehen, mussten wegen Mangel an Nahrung bald aufgegeben werden.

Die Insel besitzt einen Leuchtturm dritter Ordnung; früher war auch eine Telegraphenstation vorhanden, die aber aufgelassen worden ist. Auf der ganzen Insel haben sich zur Zeit der Anwesenheit des Verfassers nur elf Personen befunden, die Familie der Leuchtturmwärter mit eingerechnet. Der Verkehr mit Alboran wird durch den Dampfer vermittelt, der zwischen Almeria und Oran verkehrt und von der spanischen Regierung gegen eine Entschädigung verpflichtet wurde, auf jeder Fahrt, die zweimal im Monate stattfindet, auf Alboran zu landen, Lebensmittel und Wasser für die Torneros mitzunehmen und die Post zu befördern[1]).

Die Insel Ustica bildet den Gegenstand der Forschungen und einer monographischen Darstellung des Erzherzogs Ludwig Salvator[2]). Die Insel liegt im Tyrrhenischen Meere nordwestlich von Palermo, ist 3.5 *km* lang, 2.5 *km* breit, hat einen Umfang von 12 *km* und einen Flächeninhalt von 8.65 *qkm*. Sie ist zumeist eben und wird nur von einer kleinen Gebirgskette durchzogen, die aus zwei Hauptanhöhen besteht: der im Zentrum gelegenen, zweiteiligen Guardia Grande oder Di Mezzo, deren höchsten Punkte Punta die Maggiore (239 *m*) und del Turco (230 *m*) heissen und mit ihren Abhängen bis zur Küste reichen; ferner der davon getrennten, im Westen der Insel gelegenen, gegen die See zu steil abfallenden Falcunara. Um diese einen Halbkreis bildende Gebirgskette dehnen sich die ebenen Teile der Insel aus, und zwar NW von der See und dem Guarda

1) Mitt. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1899. p. 107.
2) Ustica. Prag. Verlag von Heinrich Mercy Sohn 1898.

del Turco begrenzt die Ebene Spalmadore, an die sich jene dell' Ogliastrella anschliesst, die ihrerseits in die von Süden streichende Ebene von Mezzogiorno übergeht, während sich im NO jene der Tramuntana ausbreitet. Zwischen den vorerwähnten höchsten Punkten und der Falcunara liegt in einer Einsattelung der einzige Ort der Insel, gleichfalls Ustica genannt.

Was den geologischen Aufbau Usticas betrifft, so spricht sich der Autor dahin aus, dass die Insel ihrer Gesteinsbildung nach zu den Liparen gehört und die Verlängerung der Linie Salina-Filicuri-Alicuri bildet. Ihr Ursprung dürfte posttertiär sein, daher einer neuern Periode angehören, worauf auch die auf der Südseite der Insel in den durch Kalkstein zementierten Schlacken vorkommenden Petrefakten hindeuten, die noch jetzt lebende Formen zeigen.

Die Masse der Insel besteht grösstenteils aus Basalten und nur zum geringern Teile aus Andesiten. So ist z. B. der Monte Guardia del Turco aus Laven von basaltischer, hingegen die Punta di Maggio aus solchen andesitischer Natur gebildet. Die Lavaausbrüche (Colate) haben sich zumeist gegen SW ausgedehnt, während der östliche Teil der Insel einen Rand von weichem Tuff aufweist, der einen bimssteinartigen Charakter besitzt. Die gegen SO abstürzende Küste ist dagegen aus zementierten, im allgemeinen roten Schlacken gebildet.

Das Klima von Ustica ist dem ausgesprochen maritimen Charakter dieses Eilandes entsprechend im Winter milder und im Sommer kühler als jenes der nahen sizilischen Küste. Die Insel ist übrigens häufig Winden ausgesetzt, und wehen dann im Sommer die heissen afrikanischen SO-Winde herüber, so erreicht die Temperatur ab und zu eine Höhe von 38°.

Ein grosser Vorteil für die Insel, namentlich im Hinblicke auf den herrschenden Wassermangel, ist die reichliche Taubildung. Diese ist insbesondere bei Ost-Winden so stark, dass dadurch der Regen ersetzt wird. Es gedeihen zufolge dessen auf Ustica vortrefflich Gemüse, Getreide und herrliches Obst, namentlich Granatäpfel, Feigen, Birnen, Pflaumen und Trauben.

Selten fällt auf Ustica ein ausgiebiger Regen; tritt aber ein solcher ein, so besitzt er oft den Charakter eines tropischen Platzregens, der mitunter auch verheerend wird. So wurde die Insel in den Jahren 1769 und 1776 von so schweren Regengüssen heimgesucht, dass alle Anpflanzungen zerstört, die Scheide- und Terrassenmauern weggerissen, ja selbst Gebäude beschädigt wurden.

Ustica besitzt gar keine Quellen; die wenigen Brunnen am Strande enthalten bloss Brackwasser, das lediglich zur Viehtränke dient. Es giebt daher auf Ustica mehrere grössere, öffentliche Cisternen, von denen die von der Regierung auf den Abhängen der Falcunara im Jahre 1884 erbaute 96000 Hektoliter fasst. Ausserdem besitzt jedes Haus auf Ustica seine Cisterne, in der das Regenwasser aufgefangen wird. Und dennoch geht das Trinkwasser manch-

mal zur Neige und muss auf Schiffen aus Palermo nach Ustica transportiert werden.

Das Meer um die Insel wurde in den letzten Jahren genau untersucht und die Küste ziemlich frei von Riffen gefunden; nur sind ihr zwei submarine Bänke vorgelagert, wovon die im NW gelegene der Schiffahrt gefährlich ist, da ihre höchste Stelle nur 2 *m* unter dem Meeresspiegel liegt.

Die Insel ist, wie bereits erwähnt, fruchtbar und mit Ausnahme von den schwer zugänglichen Stellen ganz bebaut. Der Boden besteht aus rötlich-schwärzlichem Lehme, der sich zumeist aus der vulkanischen Asche und der zersetzten Lava gebildet hat. Die unbebauten Stellen der Insel sind von Mastix-Sträuchern, von wilden Ölbäumen und sporadisch auch von Rhamnus Alaternus L. bewachsen.

Die Fauna Usticas bildet nichts Eigenartiges; sie ist im grossen ganzen dieselbe wie jene an der Küste Siziliens. Sehr häufig kommen in den Gewässern Usticas fliegende Fische und die Seeschildkröte (Chelonia carelta) vor, welch letztere an besonders windstillen Tagen an der Meeresoberfläche sich sonnen und schlafen und dann auch gefangen werden können[1]). Wasservögel, selbst Möven findet man auf Ustica nicht häufig, und auch die kleinen Vögel hausen nicht auf der Insel, sondern ziehen nur vorüber.

Die Marquesas-Inseln sind von Karl von den Steinen besucht und geschildert worden.[2]) Dieser Archipel besteht aus zwölf Inseln, die in drei Gruppen von NW nach SO gelagert sind. Die Gruppe von drei unbewohnten kleinen Inseln des äussersten Nordwestens beiseite lassend, unterscheidet man gewöhnlich für die neun andern Inseln eine Nordwestgruppe mit den drei bewohnten Inseln: Nukuhiwa, Uahuka und Uapou, und eine Südostgruppe mit den drei bewohnten Inseln: Hiwaoa, Tahuata und im äussersten Süden Fatuiwa.

»Ungefähr in der Mitte zwischen Neu-Guinea und der peruanischen Küste gelegen, zwischen dem 8. und 11. Grad südl. Br., stellt der Archipel innerhalb der Tropenzone, wenn man von kleinen Eilanden der Paumotu-Inselwolke und dem hart am Wendekreis liegenden Mangarewa absieht, den am meisten nach Osten vorgeschobenen Posten der Polynesier dar. Tahiti im Südwesten ist etwa 750 Seemeilen, Hawaii im Nordwesten, wohin wohl ziemlich sicher marquesanische Zuwanderung erfolgt ist, allerdings auch kleine Etappen auf dem Wege zur Verfügung standen, an 3000 Seemeilen entfernt.

In der geologischen Bildung, der Flora, der Fauna ist der Archipel, wie in der politischen Verwaltung, eine etwas vernach-

---

[1]) Mitt. d. k. k. geogr. Gesellschaft in Wien 1899. p. 105.

[2]) Verhandlgn. d. Gesellsch. f. Erdkunde in Berlin 25. p. 489.

lässigte Dépendance von Tahiti: einförmiger, artenärmer, mit oft heroischen, aber selten lieblichen Landschaftsbildern. Ohne Krater, aber vulkanischen Ursprungs, aus massigen Feldspat-Gesteinen und ihren thonigen Verwitterungsprodukten zusammengesetzt, erheben sich die Inseln bis zu 1200 *m* in den steilen, schroffen Formen einer zentralen Kette mit scharfem Kamme, Querrippen senken sich zum Meere und schliessen Steilthäler ein, die in flach ausgeschnittenen, den Fallwinden ausgesetzten Buchten enden.

Auf den beiden grössten Inseln kommt ein ziemlich ausgedehntes Plateau von 400—600 *m* Durchschnittshöhe zustande und vermittelt mit jähem Aufstiege und Abstiege einen Verkehr zwischen der Nordküste und Südküste. Üppige Vegetation in den tiefern Thälern, zumal in der Umgebung einiger prächtigen Kaskaden; üppig auch auf den Höhen, die der Passat bestreicht, während die abgewandten Seiten eine baumlose Gräser- und Farrndecke tragen. Als Eigentümlichkeit des gesunden, ein wenig warmen Klimas gilt die grosse Unregelmässigkeit der Niederschlagsmenge.

Der Hauptunterschied von Tahiti: es giebt keine Strandriffe, kein ebenes Vorland. Der wirtschaftliche Wert, obwohl noch sehr steigerungsfähig, ist deshalb gering. Ausfuhr 1897: 250 Tonnen Kopra, 500 Ballen Baumwolle, 50 Tonnen Fungus. Man hat neuerdings mit der Kultur von Kaffee begonnen.

Die menschlichen Siedelungen ziehen sich vom Strande bis ungefähr 200 *m* thalaufwärts. Höher lebt nur eine kärgliche Vogel- und Insektenwelt, Eidechsen, Mäuse, und neben einem kleinen Pferdebestande verwilderte Ziegen, Schafe und Rinder. Viele Thäler liegen jetzt verödet, wo man im Buschwerke auf die Steinterrassen oder Plattformen marquesanischer Häuser und Tempelplätze, der Maraes, stösst.

Für das Areal der bewohnten Inseln — etwa gleich dem des Fürstentumes Lippe — kommen heute höchstens 3.5 Eingeborene auf den Quadratkilometer.

3800 Marquesaner sind der Rest einer 1838 auf 20200, 1856 auf 12550, 1882 auf 4865 Seelen geschätzten Bevölkerung. Als Hauptursache der Abnahme gelten Schwindsucht, Lepra uud geringe Zahl der Geburten. Man behauptet gegenwärtig einen gewissen Stillstand. Die Zahl der Leprösen, die nur vorübergehend stationiert waren, beträgt nicht unter 250 oder 6.6%.«

Über die ethnologischen Forschungen von den Steinen's, die den Hauptzweck seiner Reise bildeten, ist die obige Quelle nachzulesen.

Die Koralleninseln des Fiji-Archipels hat M. Agassiz im Jahre 1897 besucht und die hauptsächlichsten davon durchforscht[1]). Die Ergebnisse seiner Untersuchungen stellt er zu Belegen seiner der Darwin'schen entgegengesetzten Ansicht über die Bildungsweise der Atolle zusammen.

[1]) Bull. of the Mus. of comp. Zoology 33. 1899.

Die Insel Mayotte schildert G. Couarde, der sie mit der österr. Korvette »Saïda« besuchte[1]). Sie ist die östlichste der Comoren, zu denen noch die Inseln Gross-Comoro, Anjouan und Mohilla gehören. Sie nehmen so ziemlich die Mitte der nördlichen Ausmündung des Kanales von Mozambique ein, und zwar liegt speziell Mayotte zwischen 12° 44′ und 13° 5′ südl. Br. und 42° 2′ und 45° 19′ östl. Länge.

Die Einwohnerzahl beträgt auf Mayotte beiläufig 12000, jene der ganzen Inselgruppe etwa 80000, wovon die Hälfte auf die grösste, hochgebirgige Comoro-Insel fällt, die 18.2 Quadratmeilen einnimmt. Der Flächeninhalt Anjouans hingegen beträgt 6.8, der von Mayotte 6·6 und der Mohillas nur 4.2 Quadratmeilen.

Die ganze Gruppe ist vulkanischen Ursprungs; doch war in diesem Jahrhunderte eine vulkanische Thätigkeit nur auf Gross-Comoro bemerkbar, wo Eruptionen ziemlich häufig, und zwar in den Jahren 1830, 1855, 1858, 1861 und 1883 vorkamen und zeitweise verheerend waren. Erdbeben sind jedoch auch auf den andern Inseln nicht selten.

Gross-Comoro ist durchweg gebirgig und erhebt sich steil aus dem Meere bis zu der imposanten Höhe von 2400 *m*. (Mt. Kartalo). Anjouan, gleichfalls hoch, 1600 *m*, ist jedoch weitaus die landschaftlich schönste und auch reichste der Inseln, wozu ihre eigentümliche dreieckige Form, mit der auch der Zug der Gebirge übereinstimmt, wesentlich beiträgt.

Die Höhen von Mohilla und Mayotte stehen jenen der andern Inseln nach, erreichen aber immerhin 650 *m* und zeigen manche eigentümliche Gestaltung; der auffällige Berg Uchungui auf Mayotte steigt ohne Übergang aus der Ebene bis 642 *m* auf und nähert sich in der Regelmässigkeit seines Aufbaues überraschend der Form eines Zuckerhutes.

Der Boden ist allerwärts sehr ergiebig und geeignet, nahezu alle Produkte der tropischen Bodenkultur zu liefern.

Das Klima ist vorwiegend ozeanisch und, wenn auch die Inseln nicht weitab vom Äquator liegen, doch relativ mild. Das Thermometer erreicht im Januar sein Maximum zumeist bei 29.6°, selten 32°, im Juni sein Minimum mit 20.7° und hält als Jahresmittel 25° C.

Während des Aufenthaltes der Korvette anfangs Dezember zeigte das Thermometer einen Tages- und Nachtunterschied von 7° bei leichten Brisen, die nachmittags von NO, morgens von SO einsetzten; diese geringen Temperaturdifferenzen sind den tropischen Kulturen sehr gedeihlich.

Grössere Abweichungen stellen sich auf den Höhen ein, die deshalb von Kranken und Rekonvaleszenten, sowie Gesunden mit Vorteil zur Erholung aufgesucht werden.

---

[1]) Mitt. d. k. k. geogr. Gesellschaft in Wien **42.** p. **263.**

Nicht weit von der Gruppe zieht der breite Äquatorial-Passatstrom nach Westen vorbei und sendet zeitweilig einen Seitenarm zur Gruppe.

Die Wärme des Wassers, bekanntlich ein Hauptfaktor für die Entwickelung des Klimas, hält sich zwischen 24° und 28°, einer Temperatur, bei der die ersehnte Erfrischung eines Freibades, dem auch durch Haie Gefahren drohen, illusorisch wird.

Die Jahreszeiten sind durch den Einfluss der Ozeanwinde markiert, die im November, selten früher, von NO als Monsune einsetzen und den Sommer sowie die Regenzeit einführen. Mitte März, oft schon früher, stellen sich die südlichen Winde mit zumeist schönem und kühlerem Wetter ein; sie sind im Gegensatze zum NO-Monsun leicht und nur selten stürmisch. Cyklonen hat man bis vor kurzem gar nicht gekannt, da die Inseln vor diesen durch Madagaskar Deckung finden. Doch das Jahr 1898 hat deren zwei gebracht, die auf Mayotte grosse Verheerungen anrichteten und zahlreiche Opfer an Menschen forderten.

Ausser wertvollen statistischen Mitteilungen giebt Verf. auch ein Verzeichnis der hauptsächlichsten Tiere und Pflanzen der Insel Mayotte.

Der Batan-Archipel und die Babuyanen-Inseln ist Gegenstand einer litterarischen Studie von Ferdinand Blumentritt gewesen[1]). Dieselbe beruht auf den Berichten mehrerer Dominikaner-Missionare. Zwischen den Inseln Luzón und Formosa zieht sich eine Kette von Eilanden dahin, deren Name verschieden angeführt wird; auf nichtspanischen Karten werden diese Inseln der Bashee-Archipel genannt, die Spanier zerlegen aber diesen Archipel in die mehr an Luzón anliegende Gruppe der Babuyanen und in die Gruppe der Batanes. Beide Inselgruppen sind thatsächlich durch einen breiten Kanal voneinander getrennt, den Kanal Balingtang der spanischen Seekarten.

Die Babuyanen (d. h. »Schweine-Inseln«) umfassen fünf grössere Inseln und einige kleinere Eilande und Klippen. Diese grössern Inseln sind: Camiguin, Fuga, Dalupiri, Calayan und Babuyan oder Babuyan Claro. Die wichtigste von ihnen ist Calayan. Man schätzt ihr Areal auf 36000—40000 *ha*.(?)[2]) Diese Insel ist mit dichten Wäldern bedeckt, wodurch sie sich besonders vor den waldarmen Batan-Inseln auszeichnet, deren Bewohner genötigt sind, beinahe ihren ganzen Bedarf an Bauholz von Calayan zu decken. Neun Flüsse, von denen einige für kleine Kähne befahrbar sind, strömen von den (vulkanischen?) Bergen zu den ausgedehnten und fruchtbaren Küstenebenen, in denen sie aber zum Teile stagnieren und dadurch die Brutherde des Malariafiebers werden, wegen dessen diese Insel so berüchtigt ist.

---

[1]) Mitt. d. k. k. Geogr. Gesellschaft in Wien 41. No. 9. p. 593.
[2]) Nach Cavada Mendez de Vigo: 7085 *ha*.

Ausser dem Reichtum an Waldbäumen ist das häufige Vorkommen des besonders für die Dachdeckung unentbehrlichen Bejucorohres (sprich: Behuko) zu erwähnen, das in grossen Mengen nach den Batan-Inseln ausgeführt wird. Die Wälder und Ebenen sind von unzählbaren Pferden, Kerabau-Büffeln, Rindern und verwilderten Schweinen bevölkert, vor deren Einbruch in die Saaten sich die Eingeborenen nur mit Mühe schützen können. Letztere zählen 600 Köpfe und sind nahezu alle Ilokanen, also von Luzón her abstammend.

Camiguin oder Camiguing hat nach Cavada Mendez de Vigo einen Flächeninhalt von 183223 *ha*. Blumentritt giebt diese, wie alle folgenden Arealangaben nur mit Vorbehalt, denn die Angaben der spanischen Autoren sind so voll von Widersprüchen, dass sie wenig Vertrauen einflössen. Nach den PP. Buzeta und Bravo ist diese Insel drei Leguas lang und eine Legua breit. Die Insel besitzt einen Vulkan, der 936 *m* hoch ist. Er galt als vollständig erloschen; im Jahre 1857 öffnete sich am südwestlichen Abhange eine Spalte oder Krateröffnung, und »durch deren Ausflüsse entstand ihm gegenüber ein kleiner Berg aus vulkanischen Materialien«, wie Cavada Mendez de Vigo sagt. Jener Schlund bildete sich nahezu im Niveau des Meeresspiegels, und ihm entströmt jetzt eine heisse Quelle. Der Boden besitzt, wie auf den Inseln Fuga und Babuyan Claro nur eine dünne Humusschicht, besonders die Hänge sind beinahe nackter Fels, da die reichlichen Regen alles gute Erdreich abspülen. Die Ebenen sind fruchtbar und bilden die Weide von zahlreichen Pferden, Büffeln und Rindern. Die Insel zählt nur 96 ilokanische Einwohner.

Fuga und Dalupiri sind noch steiniger als Camiguin, das immerhin nach Calayan die üppigste Vegetation unter den Babuyanen aufweist. Fuga zählt 300 Einwohner (Ilokanen), auf einem Areal von 99375 *ha*. Dalupiri oder Dalupin ist 96210 *ha* gross mit 140 ilokanischen Einwohnern.

Babuyan Claro weist nach Buzeta fünf Quadratleguas, nach Cavada-Mendez de Vigo 121114 *ha* Flächeninhalt auf. Diese Insel besitzt einen thätigen Vulkan. Die Einwohner (42 Seelen) sind teils Ilokanen, teils Batanen.

Merkwürdigerweise erwähnen die Missionäre von den Dedicaklippen, die durch die von Semper besprochene vulkanische Eruption in der Fachlitteratur so bekannt geworden sind, gar nichts.

Viehzucht und Fischfang bilden die Hauptbeschäftigung der Eingeborenen, nur auf Camiguin und Calayan wird dem Ackerbau mehr Sorgfalt gewidmet.

Nördlich von den Babuyanen, getrennt durch den Kanal Balingtang, liegt die Batangruppe, deren wichtigste Inseln Batan, Saptan und Ibayat oder Itbayat sind. Die Inseln sind sehr gebirgig und vulkanischer Natur. Die vulkanischen Gebirge scheinen, wenn die Beobachtungen der Missionäre richtig sind, eine Kalkschicht durch-

brochen zu haben. Die Berge haben alle eine konische Gestalt, ein Berg im nördlichen Batan wird direkt als »gewesener« Vulkan bezeichnet. Wahrscheinlich ist dies der Monte Idaya oder Irraya, der nach den spanischen Seekarten 1160 *m* hoch ist. Es wird auch eine grosse Grotte erwähnt, sie findet sich in der Nähe von San Cárlos. Sie heisst Jujmaren (sprich: Huchmarén) und liegt dicht am Strande des Meeres. Aus ihr entspringt ein Bach mit trinkbarem Wasser, an welchem diese Inseln einen so grossen Mangel leiden, dass die Einwohner sich genötigt sehen, das von den Bäumen herabrieselnde Regenwasser mit Gefässen aufzufangen.

Das Klima der Batan-Inseln ist sehr verrufen, gefährliche Fieber sind endemisch und suchen ihre Opfer nicht nur unter den Europäern, sondern auch unter den Eingeborenen. Die mittlere Temperatur ist niedriger als in Luzón, die Monate November, Dezember und Januar erscheinen sogar den an Wärme gewöhnten Philippinern kalt. Genaue Temperaturmessungen scheinen übrigens nicht gemacht worden zu sein. Die Dürre fällt in die Zeit von Mai bis August.

Beständig wehen starke Winde, welche die Wolken, in Fetzen gerissen, über den Himmel jagen, so dass, im Gegensatze zu den Philippinen, Gewitter selten sind. Durchschnittlich giebt es nur vier bis fünf Gewitter im Jahre, und diese ziehen so rasch dahin, dass das Unwetter meist nach wenigen Minuten vorüber ist. Dagegen treten Taifune oder Wirbelstürme nicht nur häufig, sondern auch mit grosser Heftigkeit auf. Auch Erdbeben sind bei der vulkanischen Natur des Landes nicht selten; besondern Schrecken verursachte das Erdbeben vom Jahre 1870 (das Datum, wird nicht näher angegeben), wo der auf der Insel Itbayat liegende Ort San Vincente im Verlaufe von neun Stunden 19 starke Erdstösse auszuhalten hatte.

Die Kanäle sind von starken Strömungen durchzogen, welche im Vereine mit der Steilheit und Hafenarmut der Inseln den Verkehr ausserordentlich erschweren. Der beste Hafen ist der von Santo Domingo auf der Insel Basey oder Batan. Die hohe Steilküste der Insel Itbayat bietet nur bei Manin den Schiffen einen sehr unsichern Schutz, da der Ankergrund felsig ist, und die Macht der Strömungen zur Flutzeit eine so grosse Gewalt besitzt, dass kein Ankertau es aushält. Um bei dieser Gelegenheit auf die Zerrissenheit des Bodens dieser Inseln zurückzukommen, sei erwähnt, dass man, um vom Ankerplatze Manin nach dem nächsten Orte Santa Maria zu gelangen, genötigt ist, eine primitive senkrechte, 150 Sprossen oder Einkerbungen enthaltende Leiter aufwärts zu klettern.

Jene Meeresströmungen haben im allgemeinen zur Zeit des Südwest-Monsuns eine nördliche, zur Zeit des Nordost-Monsuns eine südliche Richtung, doch giebt es auch Gegenströme.

Alle Inseln sind waldarm, der Fels tritt meist nackt zu Tage. Bei der Dürftigkeit des Bodens und dem Wassermangel fehlt hier der Sumpfreis, der wenige Reis, der hier gebaut wird, ist der so-

genannte Bergreis. Die Hauptfrucht liefern Camote, Gabi (Caladium esculentum) und ähnliche Knollengewächse, es werden auch Mais, Zwiebeln, Knoblauch und Zuckerrohr angebaut. Die Kokospalme kommt hier noch recht gut fort, spielt aber doch nicht die Rolle, wie in der übrigen malayischen Inselwelt. Noch ist die Baumwolle als Produkt des Archipels zu erwähnen.

Niveau-Veränderungen auf den Samoa-Inseln glaubt W. v. Bülow nachweisen zu können[1]). »Im Jahre 1883,« so berichtet er, »bewohnte ich ein Haus einer deutschen Handelsstation in dem Dorfe Matautu auf der Insel Savaii. Das Haus stand etwa 50 Schritte vom Seestrande entfernt, hatte einen kleinen Garten vor der Thür nach der See zu, der von einem Stacketenzaune umsäumt war, an dessen äusserer Seite Faulbäume (Hibiscus tiliaceus) und Milobäume (Thespesia populnea) einen kleinen am Strande entlang führenden Pfad beschatteten. Von dem Hause führte ein Fussweg in westlicher Richtung und dann in einem Bogen nach Süden nach der Dorfstrasse. Einige Jahre später musste das Haus, ausser wegen Altersschwäche, auch deshalb abgerissen werden, weil das Meer den Strandweg mit den Bäumen und einen grossen Teil des Gartens nebst Zaun verschlungen und dem Hause sich bereits bis auf zehn Schritte genähert hatte. Der Fussweg, so weit er in westlicher Richtung mit dem Strande parallel lief, war nur durch kostspielige Steinanfuhren, die mehrere Meilen weit herbeigeschafft werden mussten, gerettet worden.

Demselben Schicksale fiel die Strasse des benachbarten Dorfes Lelepa anheim, und das Riff in dem Dorfe Avoa, welches ein inneres Saumriff war, da es das feste Land begrenzte, hat jetzt eine kleine Lagune zwischen sich und dem Lande, welche bereits etwa 70 Fuss breit ist. Die Küste zwischen dem Dorfe Sasina und dem Dorfe Asau auf der Insel Savaii, sowie viele kleinere Küstenstrecken auf der Südseite dieser Insel, haben keine Riffe, da die Felsen senkrecht zur See abfallen, und die letztere bereits am Fusse der Felsen so tief ist, dass die Korallen einen genügenden Baugrund nicht haben. Hier donnert das Meer das ganze Jahr hindurch an die Felsen, und bei gelegentlichen Bootreisen und Fussreisen an dieser Küste entlang konnte ich mich überzeugen, wie vielfach die unterhöhlten Felsen bei dem Wechsel von Regen und Sonnenschein sich loslösten und in die Tiefe sanken, die auch unter Wasser so gross ist, dass selbst grosse herabstürzende Felsmassen keine Uferbank oder eine erkennbare Schuttablagerung unter Wasser bildeten. Dass auch an dieser Küste, obgleich Korallenbänke hier nicht entstanden, weil deren Baumeister eben keinen zum Anbau günstigen Boden gefunden hatten, das Festland fortwährend sich verringert, ist erklärlich.«

---

[1]) Globus 75. p. 198.

Die Weihnachts-(Christmas-) Insel südlich von Java ist von Chr. W. Andrews 1897—1898 durchforscht worden[1]). Die Insel erhebt sich als steiler Felsen aus den Tiefen des Indischen Ozeans, $12^1/_2$ Seemeilen lang und an der schmalsten Stelle $3^1/_2$ Seemeilen breit. Sie besteht aus einem zentralen Plateau und einer Anzahl dasselbe umgebender Terrassen, die durch Steilabsätze voneinander geschieden sind. Von letztern ist der unterste der auffallendste. Bei einer Höhe von 75—90 *m* fällt er fast senkrecht zu der schmalen Küstenterrasse ab. Letztere senkt sich sehr sanft gegen das Meer, um schliesslich mit einer 5—9 *m* hohen Klippe gegen dasselbe abzustürzen, welche vielfach von der Brandung unterwaschen und dadurch überhängend geworden ist. Eine unterseeische Terrasse umgiebt einen grossen Teil der Insel in Form eines Küstenriffs, dessen Breite und Tiefe unter dem Meeresspiegel bedeutenden Schwankungen unterworfen ist. An der Westseite fehlen die Terrassen und sind durch eine gleichmässige sanfte Abdachung ersetzt, die von mehrern tiefen Schluchten durchfurcht ist. Der Boden derselben besteht aus Basalt; zur Regenzeit werden sie von reissenden Bächen durchströmt.

Bezüglich der Entstehungsgeschichte dieser Insel äussert Andrews folgende Ansicht: »In einer mässigen Tiefe lag eine submarine Bank, auf welcher zahlreiche Foraminiferen lebten und ausgedehnte Kalklager bildeten. Die Grundlage der Bank war vulkanisch, und von Zeit zu Zeit erfolgten neue Lavaausbrüche, welche die Kalke durchbrachen; das Auftreten des Palagonittuffs beweist, dass dieselben submarin waren. Dann folgte eine geringe Hebung, die Tuffschichten wurden durch Kalkinfiltrationen verfestigt und über ihnen neue mächtige Schichten von Orbitoiden-Kalkstein abgelagert. Auf dieser Grundlage wuchsen dann Korallenriffe empor und bildeten schliesslich eine atollförmige Gruppe von Inseln. Ihre jetzige Gestalt erhielt die Insel durch mehrfache, von Ruhepausen unterbrochene Hebungen. Die einzelnen Terrassen bildeten sich während der Ruhepausen als Strandriffe um die Insel. Während der Hebungen traten mehrfach lokale Verwerfungen und Abrutschungen ein, die sich an mehrern Stellen der Insel nachweisen lassen.« Die Insel ist dicht bewaldet, die Fauna aber dürftig.

8. Das Meer.

Die Bodenformen des Weltmeeres. Eine Zusammenfassung und Diskussion der über die Bodenformen der Ozeane bis jetzt bekannten Thatsachen gab A. Supan[2]) gleichzeitig mit einer sehr instruktiven Karte des Meeresreliefs in Flächenkolorit. Er betont mit Nachdruck,

---

[1]) Andrews, A descript. of Christmas Island (Indian Ocean) G. J. 8. p. 13. Auszug daraus von Langenbeck in Petermann's Mitt. 1899. p. 292, woraus oben der Text.

[2]) Petermann's Mitt. 1899. p. 177 ff.

dass das Relief in erster Linie nicht von den absoluten, sondern von den relativen Tiefen abhängt. Dass wir aber den absoluten Tiefen noch immer eine so grosse Wichtigkeit zuschreiben, erklärt er einfach daraus, dass wir immer mit Isobathenkarten operieren und gezwungen sind, die Linien in grossen Abständen zu ziehen. Seines Erachtens ist es vorläufig nur wünschenswert, in Bezug auf die Benennung der Hauptglieder eine Übereinstimmung zu erzielen. Durch die Unterscheidung von primärer und sekundärer Gliederung wird die Sache wesentlich vereinfacht.

»Vom Festlande ausgehend,« fährt Supan fort, »stossen wir zunächst auf den Kontinentalrand, und jenseits desselben liegt der eigentliche Meeresgrund mit seinen Erhebungen und Vertiefungen.

Der Kontinentalrand gliedert sich wieder 1. in das Kontinentalplateau, die flache, sanft sich neigende Küstenfortsetzung, die in der Regel bis 200 *m* Tiefe, an einigen Stellen aber nur bis 50 oder 80 *m*, an andern bis 400 *m* Tiefe reicht und dann mit einem Gefällsbruche endet; 2. in die Kontinentalböschung, die entweder mehr oder weniger einheitlich verläuft oder einen deutlichen Stufenbau zeigt. Ich möchte hier besonders betonen, dass für das Kontinentalplateau der Ausdruck Flachsee zu vermeiden ist. Flach- und Tiefsee sind rein bathometrische Begriffe. Die Nordsee wie die Ostsee sind Flachseen, aber nur die erstere ist ein Kontinentalplateau, die letztere aber ein echtes Becken. Die Grenze zwischen der Kontinentalböschung und dem eigentlichen Meeresgrunde ist manchmal scharf erkennbar, besonders in stark überhöhten Profilen, manchmal aber verlaufen sie ganz allmählich ineinander. Die Schwierigkeit der Grenzbestimmung würde sich in diesem Falle, der übrigens auch bei überseeischen Formen nicht selten ist, aber nur dann bemerkbar machen, wenn man das Areal der Kontinentalböschung feststellen wollte.

In Bezug auf die Formen des eigentlichen Meeresgrundes lassen sich zur Zeit nur sehr allgemein gehaltene Definitionen geben. Be den Erhebungen kommt es nicht bloss auf die Höhe, sondern auch auf die Böschung an, aber über die letztere können wir uns nur dann ein Urteil bilden, wenn die Messungen dichter aufeinander folgen. Immerhin muss der Unterschied zwischen flachen Anschwellungen und steilern Erhebungen festgehalten werden, wenn wir uns auch im einzelnen Falle sehr häufig nur nach Analogie entscheiden können. Die flachen Erhebungen nennen wir Schwellen; sie sind aber nur dann von Bedeutung und verdienen eigene Namen, wenn sie Teile der primären Gliederung sind, d. h. wenn sie bei plötzlicher Trockenlegung des Meeresgrundes als Hauptwasserscheiden funktionieren würden. Steilere Erhebungen von grösserer Ausdehnung bezeichnen wir als Rücken, wenn sie eine ausgesprochene lineare Erstreckung zeigen, sonst als Plateaus.

Neben ausgedehntern Erhebungen giebt es auf dem Grunde des Meeres auch Einzelberge, die mehr oder weniger steil über dem

ebenen Boden aufsteigen, und die Lotungen im Bereiche der Ellice-Gruppe belehren uns, dass auch eine reihenweise Anordnung von Inseln noch keine Gewähr dafür bietet, dass sie auf einem gemeinsamen Sockel ruhen. Wir können hier Tiefberge, Bänke bezw. Riffe und Inselberge unterscheiden; die erstern bleiben in der Tiefe verborgen, die zweiten nähern sich in bedrohlicher Weise dem Meeresspiegel, die letztern steigen über diesen empor. In der primären Gliederung spielen die Tiefenberge, soweit unsre jetzige Kenntnis reicht, keine Rolle.

Den Erhebungen stellen wie als zweite Hauptkategorie die Vertiefungen gegenüber. Aber gerade die ausgedehnteste unterseeische Bodenform, der Flachgrund, ist nur relativ eine Vertiefung, d. h. nur für unsern Standpunkt, weil wir alle absoluten Vertikalmasse auf den Meeresspiegel beziehen. Wiegt eine Horizontaldimension entschieden vor, so hat sie die Form einer Mulde, sonst die eines meist unregelmässigen Beckens. Der Ausdruck Flachgrund ist dem Flachland nachgebildet, da sich beide Begriffe völlig entsprechen. Strenge Ebenheit ist auf dem Lande wie auf dem Meeresgrunde nur selten vorhanden, die verhältnismässige Geringfügigkeit der benachbarten Höhen-, bezw. Tiefenunterschiede genügt, um den Eindruck der Flachheit hervorzurufen. Aus diesem Grunde berücksichtigen wir ja auch nur diejenigen Schwellen, die für die primäre Gliederung von Bedeutung sind. Wie über, so kann man auch unter dem Meere Tief- und Hochflächen unterscheiden; als Grenze kann man etwa 4000 *m* annehmen. Aber diese Unterscheidung gilt nur für getrennte Räume: wir können das karibische Tiefbecken dem mexikanischen Hochbecken gegenüberstellen, wie die Po-Tiefebene der Bayerischen Hochfläche, aber es hat keinen Sinn, diese Trennung vorzunehmen, wenn sich ein Becken an dem Rande ganz allmählich über die Grenz-Isobathe erhebt.

Es giebt aber auf dem Meeresboden auch wirkliche Vertiefungen oder Hohlformen, und diese sind es gerade, die besondere Aufmerksamkeit beanspruchen dürfen.

Schon länger bekannt sind die Rinnen, namentlich in der Nähe der Küsten, wo sie nicht selten Fortsetzungen überseeischer Thäler darstellen und dann auch wirklich als überschwemmte Thäler aufgefasst werden. Sie kommen auch in Tiefflächen vor, wie die merkwürdige Furche im Biskayischen Golf, die erst kürzlich E. Hull mit dem Adour verknüpft hat. Aber alles das sind nur Detailformen; ob die grösseren Vorkommnisse dieser Art, wie die norwegische und die Färöer-Rinne, auf den gleichen Ursprung zurückzuführen sind, bleibt noch fraglich. Doch das berührt uns hier nicht. Wir müssen in der Morphologie des Meeresbodens den genetischen Gesichtspunkt überhaupt in den Hintergrund drängen aus dem einfachen Grunde, weil eine geologische Untersuchung nur selten und auch dann nur unvollständig vorgenommen werden kann.

Als Rinne habe ich früher auch eine andere, noch wichtigere Hohlform bezeichnet, auf die wir zuerst durch die Lotungen der »Egeria« im Bereiche der Tonga-Inseln aufmerksam geworden sind. Seitdem ist das südliche Seitenstück zu dem, was ich früher »Tonga-Rinne« genannt habe, bekannt geworden, und nachdem einmal das Auge für diese Bodenform geschärft war, konnte man sie leicht auch in andern Teilen des Ozeans erkennen. Ich schlage jetzt dafür den Ausdruck »Graben« vor, betone aber, dass er sich nur auf die Form, nicht auf die Entstehungsweise bezieht, wenn ich es auch für wahrscheinlich halte, dass auch die submarinen Gräben Verwerfungserscheinungen in grossem Stile sind. Die Gestalt des Grabens unterscheidet sich von der der Rinne wesentlich dadurch, dass der Aussenrand beträchtlich tiefer liegt als der Innenrand, in der Regel zeichnet sich auch die innere Böschung durch grosse Steilheit aus. Ebenso bedeutsam ist die Art ihres Vorkommens. Die Karte (Supan's) verzeichnet neun Gräben (in Klammern die bekannten Maximaltiefen): den Atacama-Graben (7635 *m*), den Alëuten-Graben (7383 *m*), den Japanischen Graben (8513 *m*), den Karolinen-Graben (8184 *m*), den Tonga-Graben (9184 *m*), den Kermadeck-Graben (9427 *m*), den Sunda-Graben (6205 *m*), den Portorico-Graben (8341 *m*) und den Cayman-Graben (6269 *m*). Mit Ausnahme des letztgenannten liegen sie alle an den Rändern des Festlandes, und wo sie abseits zu liegen scheinen, wie der Karolinen-, Tonga- und Kermadeck-Graben, dürfen wir vermuten, dass sie alte Festlandsränder umsäumen. Ferner ist hervorzuheben, dass sie nur Küsten von pazifischem Typus, also Faltenland begleiten. Dies wirft einiges Licht auf die geologische Thatsache, dass die Sedimente in den gefalteten Zonen eine grössere Mächtigkeit besitzen, als in den ungefalteten Nachbargebieten; eine Thatsache, zu deren Erklärung die amerikanischen Geologen bekanntlich ihre hypothetischen Geosynklinalen herangezogen haben. Sicher kennen wir noch nicht alle Gräben, aber schon jetzt darf man es aussprechen, dass nicht jedes gefaltete Küstenland submarine Gräben besitzt. Mit ziemlicher Bestimmtheit können wir das z. B. von der Westküste Nordamerikas aussagen. Die Gräben sind eben beschränkte Bodenformen, wenn wir auch nicht in allen Fällen ihre Ausdehnung mit voller Sicherheit angeben können. Durch Lotungen ist z. B. die Abtrennung des Tonga- vom Kermadeck-Graben festgestellt, anderseits darf ich aber auch nicht verschweigen, dass für den Portorico- und noch mehr für den Sunda-Graben allzu wenig Material vorlag, und dass auch die Ausdehnung des Karolinen-Grabens noch recht hypothetisch ist. Die Tiefe der Grabensohle ist ungleichmässig, aber wichtig ist, dass die tiefsten Stellen aller Ozeane den Gräben angehören, ja dass wir Tiefen von 7000 *m* und darüber ausserhalb der Gräben mit Sicherheit nicht kennen.«

Die vertikale Hauptgliederung des Weltmeeres betreffend, bemerkt Supan, es scheine, dass die Bodenplastik des Indischen

Ozeans verhältnismässig am einfachsten sei, doch könne der Schein wie die Erfahrungen der allerjüngsten Zeit gelehrt, sehr trügen. »Von der Küste Afrikas bis Neuseeland breitet sich das Indische Becken aus. Wir rechnen also die Ostaustraulische Bucht zwischen Australien und Tasmanien einerseits und Neuseeland anderseits zum Indischen Becken, so lange wir nicht wissen, ob sich nicht von Tasmanien eine Schwelle nach S zieht; — unsre Darstellung gründet sich darauf, dass das tasmanische Kontinentalplateau steil nach S abstürzt. Genauer betrachtet, ist freilich keine strenge Beckenform vorhanden, denn der Boden senkt sich nicht nach der Mitte, sondern nach dem Ostrande zu und geht dann in der Nähe von Java, wie wir vermuten, in den Sundagraben über. Zwischen Sumatra und der parallel damit in SO vorgelagerten Kette der Mentáwei-Inseln entdeckte die deutsche »Valdivia«-Expedition eins jener abgeschlossenen Randbecken, wie sie für den westlichen Teil des Grossen Ozeans so charakteristisch sind. Die grösste gemessene Tiefe in diesem Mentáwei-Becken beträgt allerdings nur 1671 *m*, aber immerhin ist das eine relative Einsenkung von nahezu 800 *m*, denn die Verbindungsstelle mit dem Ozeane kann, wie sich aus der vertikalen Temperaturverteilung ergiebt, nicht tiefer als 900 *m* sein.

Westlich vom 80. Meridian wird die Gliederung etwas verwickelter. Von N her springt der Chagos-Rücken vor; den Nachweis der Verbindung der Chagosbank mit den Malediven verdanken wir ebenfalls der »Valdivia«-Expedition. Die breite Maskarenen-Schwelle trägt Bänke und Inselplateaus; entgegen den sonstigen Darstellungen beziehen wir auch Réunion in diese Schwelle ein. Madagascar verbindet sich mit Afrika durch die Mozambique-Schwelle; ob sich aber hier die 3000 *m*-Linien im N und im S nicht zusammenschliessen, muss dahingestellt bleiben.

Nach N verzweigt sich das Indische Becken in die Bengalische und Arabische Bucht, nach S zeigten die bisherigen Tiefenkarten ein sanftes Ansteigen zum Antarktischen Kontinentalrand. Diese Auffassung ist durch die Arbeiten der »Valdivia«-Expedition unhaltbar geworden. Aber zweifelhaft bleibt es noch, auf welche Weise man die alten und die neuen Erfahrungen verknüpfen soll, denn zwischen den Kerguelen und den Crozet-Inseln klafft eine gewaltige Beobachtungslücke. Ich lasse in der Mitte des Ozeans die Kerguelen-Schwelle, über die sich die Inselplateaus von Neu-Amsterdam, St. Paul, Kerguelen und McDonald erheben, weit nach N vortreten, kann mich aber dabei nur im N und W auf Beobachtungen stützen, denn in dem grossen Raume zwischen 40 und 60° S und 80 und 100° O fehlen solche gänzlich. Die Crozet-Schwelle im W mit den Crozet- und Prinz Edward-Inseln erhebt sich allseitig aus dem Tiefbecken; auch über ihre wahre Ausbreitung müssen erst künftige Lotungen Licht verbreiten. Zwischen diesen beiden Schwellen verbindet die über 5000 *m* tiefe Kerguelen-Mulde das eigentliche Indische Becken mit der von der »Valdivia« ent-

deckten antarktischen Tiefsee. Das nördliche Ende ist durch zwei Lotungen von 5441 *m* in ca. 40° S, 60° O, und von 5159 *m* in ca. 38° S, 63° O festgelegt. Dass das Inselplateau von Kerguelen und McDonald in 51 und 52° Br. steil nach W abstürzt, ist durch die »Valdivia« erwiesen, und von Bedeutung ist ferner die Lotung der deutschen Expedition in 54° 33′ S, 67° 52′ O, wo bei 4919 *m* der Grund noch nicht erreicht wurde. Dann folgen die 5000 *m*-Lotungen um den 60. Parallel. Es ist also immerhin möglich, dass zwischen Kerguelen und den Crozet-Inseln eine Schwelle oder ein Rücken besteht, aber es dünkt mich dies wegen der Temperaturverhältnisse an der Eiskante in der Nähe des Enderby-Landes wenig wahrscheinlich. Hier zeichnet sich — soweit das spärliche Vergleichsmaterial einen Schluss gestattet — das Wasser durch besonders hohe Temperatur aus, und es liegt nahe, dies mit der warmen Kerguelenströmung in Verbindung zu bringen, die auf ihrem Wege nach der Antarktis durch keine unterseeische Barriere aufgehalten wird. Die Kerguelen-Mulde wäre demnach das Bett des Kerguelenstromes.

Auch im Grossen Ozean lassen uns die spärlichen Lotungsreihen das Bodenrelief wahrscheinlich einfacher erscheinen, als es in Wirklichkeit ist. Wir erkennen dies schon daraus, dass auf der Strecke Fidschi — Hawaii — Kalifornien, wo jetzt schon mehrere Reihen nebeneinander liegen, die Tiefenlinien einen viel unregelmässigern Verlauf nehmen, als in den übrigen Teilen des Ozeans, die vereinzelte Messungsreihen in weiten Abständen voneinander durchziehen.

Charakteristisch für den Ozean sind die Randbecken, die ihn in einer ununterbrochenen Aufeinanderfolge von dem Bering-Meer bis zu dem Ostaustralischen Becken umsäumen und gegen das grosse Pazifische Becken teils durch Inselbrücken, teils durch Grabenversenkungen abgeschlossen sind.

Das Pazifische Becken ist ebenso einseitig gebaut wie das Indische, nur senkt es sich nicht zum östlichen, sondern zum westlichen Rande. Im SO verliert es nach der Karte sogar den Charakter eines Tiefbeckens, indem die 4000 *m*-Linie weit nach W vorspringt, aber diese Darstellung beruht im wesentlichen auf einer einzigen Reihe von ziemlich weit voneinander entfernten Lotungen und ist daher noch recht problematisch. Den mittlern Teil des Beckens durchschwärmen zahlreiche, aber verhältnismässig kurze Inselrücken; es ist das eine orographische Gestaltung, die lebhaft an das Innere Australiens erinnert.«

Supan macht aber darauf aufmerksam, dass die Vereinigung der Inseln zu Rücken in vielen Fällen nur hypothetisch ist, selbst in den Randmeeren harrt noch vieles der Aufklärung.

Am besten bekannt sind natürlich die Bodenverhältnisse des Atlantischen Ozeans. Er unterscheidet sich von dem Grossen und Indischen Ozean nicht nur durch seine thalartigen Umrisse, sondern

auch durch seine Bodenplastik. Es ist ein ähnlicher Gegensatz wie zwischen Amerika und der Ostfeste, der Gegensatz zwischen der meridionalen und äquatorialen Richtung. Statt eines einzigen grossen Beckens haben wir hier eine Doppelmulde, durchschnitten von der Atlantischen Schwelle, die die Biegungen des Küstenrandes wiederholt. Die Verbindungsstelle zwischen ihrem nördlichen und südlichen Aste ist ebenso schmal wie das zentralamerikanische Zwischenstück. Fast ganz unbekannt ist der Abschnitt zwischen 3 und 21° N — nur eine einzige Lotung! —, wir können aber trotzdem, sagt Supan, nicht der Auffassung der Seewarte beitreten, dass hier eine wirkliche Unterbrechung stattfindet. »Gegen N verbreitert sich die Schwelle und erhöht sich zum Azoren-Plateau, noch weiter nördlich geht sie in den Isländischen Rücken über, der die britische Kontinentalstufe mit Grönland verbindet. Im S sehen wir in 30—40° Br. zwei Querriegel ausgehen.

Die Mulden sind durch Anschwellungen in der Nähe des Äquators zweigeteilt, die westliche in das Nordamerikanische und das Brasilianische Becken, die östliche in die Nordafrikanische und die Südafrikanische Mulde.

Die Westatlantische Mulde setzt sich mit abnehmender Tiefe in der Grönländischen Bucht fort. Viele Karten zeigen in der Baffin-Bai eine grosse Einsenkung, die auf einer Lotung Inglefields auf dem »Phönix« im Jahre 1853 beruht. In 73° 11′ N, 64° 35′ W wurde angeblich bei 5249 *m* noch kein Grund erreicht. Diese Lotung ist aber, wie so viele ältere, sicher nicht stichhaltig; dagegen erscheinen die beiden Messungen von Ross im September 1818: 1820 *m* in 72° 23′ N, 73° $6^1/_2$′ W, und 1838 *m* in 72° 17′ N, 71° $46^1/_2$′ W durchaus glaubwürdig. Aus dem Flutphänomen wurde zwischen Upernivik und Rensselaer Hafen auf eine mittlere Tiefe von 1500, und zwischen dem letztern und Holstenberg auf eine solche von 400 *m* geschlossen. Wenn im Smith-Sund eine Rinne von mehr als 200 *m* Tiefe vorhanden ist, so muss sie nach O, nach der Peabody-Bai abgerückt sein. Für ihre Existenz sprechen die Lotung von 371 *m* in der Mitte des Kennedy-Kanals und eine andre von 366 *m* im Hall-Becken.

Die Ostatlantische Mulde findet zwar am Isländischen Rücken ein vorläufiges Ende, erscheint aber jenseits desselben wieder im Nordmeer-Becken; dann folgt die Arktische Schwelle in 72—73° Br., endlich die Arktische Mulde, die die norwegische Polarexpedition bis in die Gegend der Neusibirischen Inseln verfolgt hat. Diese Reihe von Einsenkungen benutzt der Golfstrom zu seiner Bahn nach dem nördlichen Eismeer. Über die weitere Gliederung dieses Meeres wissen wir wenig; von grösserer Ausdehnung scheint das Spitzbergen-Plateau zu sein.

Wir wenden uns nun nach dem S. In der Gegend von Tristan da Cunha zweigt von der Atlantischen Schwelle eine Seitenschwelle ab, die wir nach dem Rio Grande benennen wollen, weil sie sich in

der Breite von Rio Grande do Sul der Küste nähert. Wir können also sagen, dass die westatlantische Mulde hier endigt und mit dem Argentinischen Becken (oder Mulde?) eine neue Einsenkung beginnt. Wie weit es sich nach S erstreckt, ist unbekannt. Nach einer ansprechenden Hypothese von H. Arctowski ziehen die andinen Falten von der Staateninsel in einem weit nach W vordringenden Bogen nach Graham-Land hinüber; dieser Bogen ist ein unterseeischer Rücken mit steiler West- und sanfter Ostabdachung, der die natürliche Grenze zwischen dem Atlantischen und Pazifischen Ozean bilden würde. Die Lotungen der »Belgica« lassen sich mit dieser Annahme sehr gut in Einklang bringen, denn Feuerland wie Graham-Land erheben sich steil über eine 3—4000 *m* tiefe Einsenkung.

Das Seitenstück zum Rio Grande-Rücken ist der Walfisch-Rücken, den zwar bisher noch kein Senkblei berührt hat, auf dessen Vorhandensein wir aber aus den Temperaturverhältnissen schliessen müssen. Wir wissen nur, dass er zwischen der »Gazella«-Station in 24° 24′ S, 0° 12′ O (5166 *m*, Bodentemperatur 2.4°) und der »Valdivia«-Station in 26° 49′ S, 5° 54′ O (5040 *m*, Bodentemperatur 0.8°) liegt. Wir können vermuten, dass er sich in der Nähe der Walfisch-Bai mit dem afrikanischen Sockel vereinigt, sind aber ganz im Unklaren darüber, an welcher Stelle er sich von der Atlantischen Schwelle abzweigt.

Südlich vom 38. Parallel beginnt leider das grosse mare incognitum; nur im äussersten Osten hat uns die »Valdivia«-Expedition mit einer hochwichtigen Lotungsreihe beschenkt, die bis in die polare Zone hineinreicht. Freilich bleibt auch hier der Zusammenhang noch problematisch, aber doch in verschiedenem Grade. Ganz hypothetisch ist die Annahme, dass die Bouvet-Insel auf der Fortsetzung der Atlantischen Schwelle liegt. Im W erstreckt sich diese vielleicht über jene grosse, rätselhafte Bank, von der kürzlich Dinklage wieder gesprochen hat, Südgeorgien und die Sandwich-Gruppe bis Grahams-Land. Viel sicherer ist die Ausdehnung der Kap-Mulde bis gegen 60° Br. und ihr Zusammenhang mit der Kerguelen-Mulde. Wie weit erstrecken sich aber die Fortsetzungen der Atlantischen Mulden gegen den Südpol hin? Diese Frage hängt innig zusammen mit der nach der Ausdehnung des antarktischen Festlandes.«

Das Vorhandensein eines solchen scheint Supan durch die Existenz eines antarktischen Gebietes hohen Luftdruckes erwiesen, ja er schliesst, dass diese Anticyklone sich nicht konzentrisch um den Pol lagere, sondern nach Osten hin verschoben sei, weshalb auch das Festland vorzugsweise der östlichen Halbkugel angehöre. Diese Schlüsse sind freilich äusserst gewagt, und der Meteorologe wird ihnen keineswegs leicht beistimmen. Die westliche Antarktis ist nach Supan's Ansicht vorwiegend Meer, und er meint, dass die Atlantische Furche sich bis in den innersten Kern der Antarktis ausdehne. Schliesslich bespricht er die atlantischen Nebenmeere.

»An pazifische Verhältnisse erinnert das amerikanische Mittelmeer, aber ein wesentlicher Unterschied besteht in der Ausdehnung der Becken und in dem Eingreifen von Grabenbildungen. Von Bedeutung ist der Verlauf der 2000 *m*-Linie. Von Florida senkt sich der Meeresboden nach O in zwei deutlichen Stufen; die erste reicht bis zur 200 *m*-, die zweite bis zur 2000 *m*-Linie, und gerade hier ist der Gefällsbruch scharf markiert. Diese Isobathe ist es auch, die ganz Westindien mit Ausnahme der Bahama-Inseln östlich von der Crooked-Passage und der daran sich schliessenden Bänke mit Nord- und Südamerika verbindet. Im Innern umschliesst sie das ganze Karibische Becken; die ganze Insel- und Bankreihe von Grenada über die Kleinen Antillen, die Jungfern-Inseln, Portorico, Haïti und Jamaica bis Honduras bildet eine zusammenhängende Erhebungszone, die aber wieder einige Einsenkungen umschliesst, unter denen das 4900 *m* tiefe Santa Cruz-Becken im N der gleichnamigen Insel die bedeutendste ist. Der Nordrand dieses Inselbogens ist durch zwei grosse Gräben ausgezeichnet; den Portorico-Graben, als dessen Fortsetzung die tiefe Rinne im N von Haïti zu betrachten ist, und den Cayman-Graben jenseits des Riegels in der Windwärts-Passage. Der erstere zieht nach WNW, der letztere nach WSW; in seiner Fortsetzung liegt das Grundgebirge von Guatemala, das sich dann wieder in einem flachen Bogen nach WNW wendet. Jenseits des Cayman-Rückens, der von der Misteriosa-Bank an in eine niedere Schwelle übergeht, folgen zwei Becken: das Yukatanische Tief- und das Mexikanische Hochbecken. Es würde zu weit führen, die übrigen Meere ebenso ausführlich zu besprechen; zudem stehen sie mit dem Ozean nur in loser Verbindung. Je reicher die oberseeische, desto komplizierter ist die unterseeische Gliederung. Von der Hudson-Bai wissen wir wenig, aber wahrscheinlich ist es ein einfaches Becken. Dagegen lassen sich in der Ostsee schon drei Becken unterscheiden, die durch die Inselrücken von Åland und der Quarken getrennt sind: das baltische mit der finnischen Bucht, das südbottnische und das nordbottnische. Ungleich mannigfaltiger ist die Gliederung im Mittelländischen Meere, aber doch nicht so mannigfaltig, wie sie auf den ersten Blick erscheint. In der Westhälfte unterliegt die Zweiteilung in ein Balearen- und ein Tyrrhenisches Becken keinem Zweifel, in der Osthälfte, die ich durch die Strasse von Otranto, Griechenland, Kreta, Rhodos, Kleinasien, Syrien, Ägypten, Tripolis und den Sizilianischen Rücken begrenze, zeigen uns dagegen die schönen Karten der österreichischen »Pola«-Expedition nicht weniger als neun Einsenkungen. Orographisch sind sie aber trotzdem eine Einheit, die ich die Orientalische Mulde nenne. Man kann sich davon überzeugen, wenn man die Tiefenkarte in Profile übersetzt; der Boden der Mulde erscheint dann sofort in seiner wahren Gestalt, als Flachgrund mit kaum merklichen Terrainwellen. Dagegen kann das Adriatische Meer wohl als eine selbstständige Mulde aufgefasst werden, nicht als eine Bucht, denn im

der Strasse von Otranto ist ein deutlicher, wenn auch nicht hoher Riegel vorhanden. Dass der Boden des Ägäischen Meeres einen sehr wechselvollen Bau besitzt, liess sich schon aus dem Ineinandergreifen verschiedener tektonischer Linien, das die Anordnung der Inseln bedingt, erraten. Drei Einsenkungen treten besonders hervor: die Kretensische Mulde am Südrand, das Becken von Samos und die Nordsporaden-Mulde, die sich vom Golf von Saros nach SW bis zur Insel Skiantho erstreckt und bei genauerer Untersuchung vielleicht als Graben herausstellen wird. Nach O reihen sich daran das Marmara- und das Pontische Becken.

Entwickelungsgeschichtlich steht mit dem östlichen Mittelmeere auch das Rote Meer in Verbindung, und nicht ohne innern Grund hat die »Pola« ihre Forschungen auch auf dieses Gebiet ausgedehnt. Leider liegt noch keine abschliessende Karte vor; aber wenn sie auch unzweifelhaft viele neue Einzelheiten bringen wird, so dürfte sich doch unsere bisherige Anschauung von der Einheitlichkeit der Erythräischen Mulde im wesentlichen als zutreffend erweisen.«

Gesteinsproben vom Boden des Atlantischen Ozeans [1]. Beim Aufnehmen eines Telegraphenkabels im Atlantischen Ozeane wurden Baggerungen in etwa 3100 *m* Tiefe gemacht und dabei in ungefähr 47° nördl. Br. und 29° 40′ westl. L. von Paris aus der Tiefe einige Gesteinssplitter vom Boden heraufgeholt, welche P. Termier zur petrographischen Untersuchung übergeben wurden. Diese hat interessante Resultate geliefert, obwohl die Menge zu klein war, um eine vollständige chemische Analyse ihrer Zusammensetzung zu gestatten. Die Dichte ist bei 20° C. gleich 2.784, das Aussehen ist das eines Obsidians, doch ist die Undurchsichtigkeit vollkommener und der Bruch weniger glänzend. Unter dem Mikroskop erkennt man ein isotropes, hellbraunes Glas, welches kleine Olivinkrystalle und schwarze Trichiten in Paketen enthält; um die Krystalle und Trichiten ist das Glas dunkler und doppelbrechend. Diese Eigentümlichkeiten entsprechen denen eines Tachylyts, d. h. eines basaltischen Glases, dessen grosse Dichte und Reichtum an Olivinkrystallen auf eine starke Basizität hinweisen. Die Thatsache nun, dass der Boden des Atlantik auf einer Linie von den Azoren nach Island, die von erstern etwa 500 Meilen entfernt ist, aus eruptivem Gesteine besteht, ist bereits interessant; noch mehr aber der Umstand, dass die fraglichen Gesteine Gläser sind, die aus der Tiefe von etwa 3000 *m* stammen.

Über die vertikale Temperaturverteilung im Schwarzen und Kaspischen Meere verbreitete sich W. Köppen [2]. »Bekanntlich zeigen schwach salzhaltige Binnenmeere, die mit salzreichen Meeren in Verbindung stehen, wie die Ostsee und das Schwarze Meer, eine Zunahme des Salzgehaltes mit der Tiefe und im Zusammenhange damit im Sommer eine ganz eigentümliche Verteilung

---

[1]) Compt. rend. 128. p. 849.
[2]) Annalen der Hydrographie 1899. p. 468.

der Temperatur: von der warmen Oberfläche nimmt dieselbe rasch ab, bis sie in einer gewissen Tiefe ihren geringsten Wert erreicht, um dann im salzreichen Wasser der grössern Tiefen wieder etwas zuzunehmen. Offenbar findet zwischen dem dichtern, aus der Nordsee, bezw. dem Mittelmeere stammenden Tiefenwasser und den obern, von den Flüssen ausgesüssten Wassermassen so gut wie kein Massenaustausch statt; die im Winter an der Oberfläche erkalteten Massen sinken wegen ihres geringen Salzgehaltes nicht bis zum Grunde, sondern bilden eben jene kalte Mittelschicht, die im Sommer beobachtet wird. Im Winter nimmt die Temperatur aufwärts bis zur Oberfläche ab. Diese Stagnation des Tiefenwassers hat eine mangelhafte Lüftung desselben, eine Armut an Sauerstoff zur Folge, als deren auffälligste Folge die Anreicherung dieser Schichten mit Schwefelwasserstoff im Schwarzen Meere anzusehen ist. In der Ostsee zeigt sich in der Tiefe zwar kein Schwefelwasserstoff, aber viel Kohlensäure.

Hat das brackische Binnenmeer keine Verbindung mit einem salzreichern Nachbarmeere, so fehlt die Ursache für die Bildung einer solchen dichtern, stagnierenden Schicht in der Tiefe. Dieser Fall liegt beim Kaspischen Meere vor. Denn das Karaboghas-Becken ist zwar mit Glaubersalz fast gesättigt, seine Verbindung mit dem Kaspischen Meere ist aber, abgesehen von ihrer Enge, so flach, dass eine erhebliche Rückströmung des im Becken durch Verdunstung verdichteten Wassers ins Kaspische Meer nicht stattfindet, und nur das brackische Wasser des letztern dieser gewaltigen Verdampfungspfanne zustrebt, um dort zu verdunsten.

Dieser Unterschied zeigt sich deutlich in einer kleinen Tabelle, in der J. Spindler auf Seite 208 der »Izvestiya« der K. Russ. Geogr. Ges. für 1898 seine Messungen im Schwarzen und Kaspischen Meere einander gegenüberstellt. Diejenigen im Kaspischen Meere wurden Anfang Juli 1897 60 Seemeilen von Baku angestellt, die vom Schwarzen Meere sind Mittel für dieselbe Jahreszeit.

Zum Vergleich mögen ihnen die ungefähren Temperaturen für die gleichen Tiefen der Ostsee östlich von Gotland vom Sommer gegenübergestellt sein[1]). In etwa 100 *m* Tiefe hat sich hier noch höhere Temperatur, etwa 4° C., gezeigt.

Tiefe		Kaspisches Meer			Schwarzes Meer			Ostsee
Faden	*m*	Temper. ° C.	Salzgehalt %		Temper. ° C.	Salzgehalt %		Temper. ° C.
0	0	22.7	1.40	Kein Schwefelwasserstoff gefunden	23.2	1.78		15.2
5	9	22.6	—		21.6	1.79		15.1
10	18	22.1	—		16.2	1.81		10.5
15	27	16.2	—		10.7	1.81		4.6
25	46	11.8	—		7.4	1.83		3.2
35	64	9.9	—		7.2	1.90		2.2
100	183	6.5	1.41		8.8	2.12	Schwefelwasserstoff im Wasser	3.2
200	366	6.1	1.41		8.9	2.20		
300	549	6.0	1.44		9.0	2.24		
400	732	6.0	—		9.0	—		

[1]) Krümmel. Petermann's Mitt. 1895.

Über Salzgehalt und Temperatur des Pazifischen Ozeans verbreitete sich A. Lindenkohl[1]). Bezüglich des Behring-Meeres findet er auf Grund der Beobachtungen des »Albatross« (1890 und 1895) eine ununterbrochene Zunahme der Dichte von der Oberfläche mit 1.0241 bis zur Tiefe von 1830 *m* (1000 Faden) mit 1.0257; nach einer einzelnen Beobachtung setzt sich diese Zunahme fort bis zum Meeresboden, wo bei 3654 *m* (1998 Faden) 1.0261 erreicht wurde. Aus dieser Verteilung der Dichte schliesst er auf Ursachen, welche eine Verminderung des Salzgehaltes an der Oberfläche anstreben, und auf solche, die dadurch, dass sie die tiefern Schichten fortwährend mit frischem Salze versehen, eine faktische Verminderung des Salzgehaltes verhüten. Er erkennt in einem reichlichen Niederschlag und dem Zuflusse frischen Flusswassers, namentlich vom Yukon, die Ursache einer fortwährenden Abnahme des Salzgehaltes der Oberfläche. Die Zufuhr von Salz nach den tiefern Schichten kann nur von solchen Gebieten erfolgen, die über einen grössern Salzgehalt, als das Behring-Meer besitzt, zu verfügen haben. Von benachbarten Meeresteilen entspricht nur der nordwestliche Teil des Grossen Ozeans dieser Bedingung, und Lindenkohl findet sich deshalb berechtigt, eine von dort kommende Tiefenströmung mit nordöstlicher Richtung nach dem Behring-Meer anzunehmen.

Die Temperaturbeobachtungen zeigen eine rasche Abnahme von der Oberfläche bis zu 100 *m*, hierauf folgt eine Zunahme bis zu 400 *m*. Zwischen 400 und 800 *m* herrscht eine fast gleichförmige Temperatur, und von da an findet eine beständige langsame Abnahme statt bis zu 1.5° in 2129 *m* (1664 Faden). Die mit der Tiefe und bis zum Meeresboden abnehmenden Temperaturen beweisen, dass wir es hier nicht mit einem abgeschlossenen Becken wie beim Golf von Mexiko zu thun haben, in dem, nachdem bei einer gewissen Tiefe eine bestimmte niedrige Temperatur erreicht worden ist, keine fernere Abnahme nach der Tiefe stattfindet. Die Thatsache, dass zwischen 150 und 400 *m* eine Erhöhung der Temperatur (wenn auch nur eine unbedeutende) stattfindet, und die zu einer Jahreszeit (Mitte Sommer), in der die Oberflächenwärme nahezu ihr Maximum erreicht, lehrt, dass der Wärmevorrat in den grössern Tiefen nicht von der Oberfläche bezogen worden ist, sondern durch die vorerwähnte Tiefenströmung aus dem Nordwestpazifischen Ozean eingeführt wird.

Das Ochotskische Meer bildet eine muldenförmige Vertiefung, welche sich längs und parallel mit der Kurilenkette hinzieht, mit einer Steilwand an diese sich anlehnend und mit einer sanftern Böschung nach W zu gegen die Sachalin-Insel ansteigend. Die grösste Tiefe fand Moser in 47° 80′ nördl. Br. und 149° 42′ mit 3370 *m*.

---

[1]) Petermann's Mitt. 1899. p. 4.

In einem vom Verf. gegebenen Profile gewahrt man bis zur Entfernung von etwa 120 Seemeilen von Sachalin, dass das Wasser von 50 bis über 200 *m* Tiefe eine Temperatur unter 0° besitzt, die nach der Oberfläche zu bis auf 9—12° steigt, zugleich aber auch, dass dieses kalte Wasser viel dichter ist als das darüberliegende warme. Diese Zustände sind gegen die gewöhnliche Erfahrung, wonach höhere Temperatur mit grösserem Salzgehalte Hand in Hand geht, und bedürfen einer Erklärung. Während des hier äusserst strengen Winters ist das ganze Meer mit einer Eiskruste bedeckt, die Eisbildung findet aber nicht eher statt, als bis die Temperatur der Oberfläche unter —1.7° gesunken ist, und dies bedingt eine Erniedrigung der ganzen obern etwa 200 *m* mächtigen Wasserschicht unter 0°. Beim Gefrieren behält das Eis nur einen Teil des Salzes, das andere wird ausgeschieden und bewirkt eine Erhöhung des spezifischen Gewichtes des Wassers unter der Eiskruste. Beim Schmelzen des Eises im Sommer wird das an und für sich schon salzarme Oberflächenwasser noch mehr verdünnt durch das Wasser benachbarter Flüsse und Bäche, namentlich aber (nach Makarow) durch das Wasser des Amur, das um die nördliche Spitze von Sachalin herum seinen Weg längs der Ostküste dieser Insel nimmt. Die geringe Tiefe des warmen Wassers im Sommer kann Verf. nur dadurch erklären, dass wegen des geringen Salzgehaltes kein Sinken des Oberflächenwassers bei Verdunstung stattfindet, und dass ausserdem die Abwesenheit von Strömungen eine Mischung der Schichten verhindert.

In den grössern Tiefen fand Makarow bei 600 und 800 *m* eine Temperatur von 2.4°, und Moser in allen grossen Tiefen (mit einer oder zwei Ausnahmen) konstant 2.2°. Es entspricht diese Temperatur im offenen Ozeane einer Tiefe von 1500—1800 *m*, und deshalb nimmt Verf. an, dass keine der Strassen zwischen den Kurilen diese Tiefe überschreitet. Die Dichte hat Makarow bis zu 800 *m* Tiefe gemessen und konstante Zunahme mit der Tiefe bis 1.02254 gefunden, so dass auch hier wie beim Behring-Meer Wärme und Salz in den tiefern Schichten notwendigerweise von einer seitlichen Richtung und nicht von oben nach unten eingeführt worden sind.

Makarow, dem sich der Verf. anschliesst, ist der Meinung, dass das Ochotskische Meer seinen Vorrat von Wärme und Salz aus dem Japanischen Meere bezieht, dass die warme Strömung aus diesem Meere nach O ablenkt, dass ferner das warme und salzhaltige Wasser, nachdem es die La Pérouse-Strasse passiert hat, sich zu senken beginnt und schliesslich alle tiefern Räume dieses Meeres ausfüllt. Die Tiefe der La Pérouse-Strasse beträgt nur 64 *m*, die der Strassen zwischen den Kurilen ist unbekannt, mit Ausnahme der Amphitrite, die Makarow zu 430 *m* angiebt; man kann sie nach dem, was wir aus der Betrachtung der Temperaturen gewonnen haben, auf höchstens 1500 *m* schätzen. Es stehen demnach der Alimentation des Ochotskischen Meeres durch den Grossen Ozean viel weniger Schwierigkeiten in dem Wege, als der durch das Japa-

nische Meer; dass sie aber trotzdem nicht stattfindet, schreibt Verf. lediglich dem Umstande zu, dass nur ein geringer Unterschied zwischen der physikalischen Beschaffenheit des Wassers des Ochotskischen Meeres und dem des anstossenden Grossen Ozeans besteht.

Alle Temperaturbeobachtungen im Grossen Ozeane in der Nähe der Kurilen und Kamtschatkas weisen in der Tiefe von etwa 100 *m* ein Minimum auf, das in der Breite von 49° 41′ + 0.2° und in der Höhe der Behring-Insel — 0.7° beträgt, was darauf hindeutet, dass keine warmen Strömungen diese Küsten berühren.

Ein vom Verf. gegebenes Diagramm giebt einen Durchschnitt des Pazifischen Ozeanes zwischen den Breiten von 20° 38′ nördl. und 13° 28′ südl. in der Richtung eines Meridians etwas östlich von den Hawaiischen Inseln nach den Beobachtungen der »Challenger« im August und September 1875. »Wie es im allgemeinen der Fall ist, so zeigt auch in diesem Profile der Südpazifische Ozean eine grössere Oberflächendichte als der Nordpazifische. Diese Erscheinung findet eine hinlängliche Erklärung darin, dass sich kein einziger Strom von Bedeutung in den südlichen Teil ergiesst. In dem Durchschnitte erreicht die Dichte des Südpazifischen Ozeanes ihr Maximum von 1.0276 in 20° südl. Br., etwa in der der Gesellschafts-Inseln, während sie in der Nordhälfte, in der Breite von 30°, etwa 9° nördlich von den Hawaiischen Inseln nur 1.0266 beträgt. Weiter nach W fand Moser 1896 in ungefähr 28° nördl. Br. und 166—168° östl. L. eine Dichte von 1.0271, und Makarow 1887 in 23° 50′ nördl. Br. und 163° 16′ östl. L. eine solche von 1.0276, also dem südpazifischen Maximum gleichkommend. Im allgemeinen findet man eine Abnahme der Dichte mit der Tiefe bis zu 300 Faden (550 *m*), wo 1.0254 bis 1.0257 gefunden wird; hierauf folgt eine Zunahme bis zu 1.0259 am Meeresboden. Diese Tiefe von 300 Faden bezeichnet ungefähr die Grenze, bis zu welcher Salz und Wärme in die Tiefe befördert werden als direkte Folge der Verdunstung an der Oberfläche. Es giebt aber noch eine andere Ursache, welche das Wasser des Ozeanes in vertikale Bewegung versetzt und dadurch Salz und Wärme in solchen Gebieten verbreitet, die von der direkten Wirkung der Verdunstung unberührt bleiben. Zwei Wassermassen von verschiedenem Salzgehalte halten sich nur dann das Gleichgewicht, wenn die salzreichere eine höhere Temperatur besitzt. Wenn nun zwei solche Massen in Berührung kommen, und eine Ausgleichung von Salzgehalt und Temperatur ins Werk gesetzt wird, so bekundet das wärmere Wasser ein Bestreben zum Sinken, hingegen das kältere eine Neigung emporzusteigen. Weil nun in dem Profile das Wasser des Südpazifischen Ozeanes wesentlich wärmer und salzreicher ist als das des Nordpazifischen, so sollte man sachgemäss irgendwo in der Nähe des Äquators eine Stelle ausfindig machen können, an der das warme südliche Wasser in die Tiefe versinkt und zu gleicher Zeit das kalte nördliche an die Oberfläche getrieben wird. In der That findet man, dass das südpazifische Wasser von der Dichte 1.0259—1.0260,

welches nirgends die Tiefe von 370 *m* erreicht, zu einer solchen von 1500 *m* hinabsinkt, sobald es in die Nähe des Äquators gelangt. Anderseits sehen wir in der Breite von 20° nördl., der Nordgrenze des Äquatorialstromes von der Tiefe von 1500 *m*, Wasser von der Dichte 1.0254 gegen den Äquator hin in schräger Richtung aufsteigen. In der Breite von 3° nördl. nähert es sich mit einer Dichte, die auf 1.0258 gestiegen ist, bis auf 100 *m* der Oberfläche, deren Dichte es bis auf 1.0260 herabdrückt. Das Sinken des dichten Wassers in der Nähe des Äquators hat die Folge, dass am Äquator und bis zu ungefähr 10° nördl. Br. bei allen Tiefen über 300 *m* höhere Temperaturen gefunden werden als weiter nördlich oder südlich, und das Aufsteigen des leichten Wassers ruft ein Minimum der Temperatur von 26° gerade unter dem Äquator hervor.«

Ein zweites Beispiel vom Aufsteigen leichten und kalten Wassers und dem gleichzeitigen Sinken von warmem und schwerem findet sich ebenfalls. Das Aufsteigen beginnt in der Breite von 20° nördl. und mit einer Dichte von 1.0254, aber erst bei einer Tiefe von 800 *m* und einer Temperatur von 4.9° anstatt 2.9°, wie im frühern Falle, und endigt in 10° nördl. Br. an der Südgrenze des Nordäquatorialstromes mit einer Dichte von 1.0250 und einem Minimum der Temperatur der Oberflächenschicht von 0—100 *m* Tiefe. Dieses leichte und kalte Wasser ist an seiner rechten oder südlichen Seite in Berührung mit warmem und dichtem mit einer Oberflächendichte von 1.0260 und Temperatur von 27.3°. Das Sinken beginnt in der Breite von 5° nördl. oder an der Grenze des Äquatorialgegenstromes und kommt zum Stillstand in einer Tiefe von 700 *m* mit einer Temperatur von 5.6° und einer Dichte von 1.0258.

Bei der Erklärung einer vertikalen Zirkulation ist vom Verf. gänzlich von horizontaler Bewegung abstrahiert worden; wir wissen aber, dass das Wasser in verschiedenen Tiefen sich horizontal nach verschiedenen Richtungen und mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegt, und es erklärt dieser Umstand einige Eigentümlichkeiten, die vielleicht als im Widerspruch mit obigen Erklärungen aufgefasst werden möchten. So findet sich in der Breite von 13° 28′ südl. eine Dichte von 1.0264 an der Oberfläche und 1.0270 in 100 Faden (180 *m*). Die Beobachtungen Makarow's zeigen verschiedene ähnliche Beispiele südlich vom Äquator. »Da wir nun annehmen können, dass das infolge von Verdunstung sinkende Wasser an Dichte verliert, weil es mit leichtern Schichten in Berührung kommt, so kann es als erwiesen betrachtet werden, dass das Wasser von 1.0270 Dichte in 100 Faden aus einer höhern Breite stammt, wo die Oberflächendichten grösser sind, und dass es sich während seines Sinkens zu gleicher Zeit in nördlicher Richtung fortbewegt hat. Die geringe Dichte der Oberfläche von 1.0264 mag entweder als eine Folge häufigen Niederschlags angesehen werden oder durch die Annahme erklärt werden, dass wir es hier mit einer Strömung leichten und kalten Wassers aus dem Osten zu thun haben.«

Unterströmungen in der Strasse von Bab-el-Mandeb. Es ist seit langer Zeit bekannt, dass im Bosporus und den Dardanellen, während das Oberflächenwasser stark vom Schwarzen nach dem Mittelmeere hin ausläuft, in gewisser Höhe über dem Meeresboden eine entgegengesetzte Wasserbewegung vor sich geht.

Während wahrscheinlich die vielen grossen Ströme, die dem Schwarzen Meere ihre Wassermassen zuführen, einen Anteil am Zustandekommen des Oberflächenstromes haben, schienen die Umstände, unter welchen der Unterstrom entdeckt wurde, klar darauf hinzuweisen, dass die Oberflächenströmung, welche der im allgemeinen vorherrschende Nordostwind durch die Anhäufung des Wassers im südwestlichen Teile des Schwarzen Meeres verursacht, der Haupturheber dieser Erscheinung sei.

Die in etwas ähnlichen Verhältnisse in der Strasse von Bab-el-Mandeb schienen eine weitere, lange Jahre vergeblich ersehnte Gelegenheit zu bieten, diese interessante Form der ozeanischen Zirkulation zu beobachten.

In dieser Strasse herrscht nahezu ein halbes Jahr mehr oder weniger starker östlicher Wind, der grosse Wassermengen vor sich her in das Rote Meer treibt.

Eine Wiederholung der in den Dardanellen beobachteten Erscheinung in dieser Jahreszeit war hier daher nicht unwahrscheinlich, obwohl die starke Verdunstung an der Oberfläche des Rothen Meeres durch das Einströmen von Wasser durch die Strasse ersetzt werden muss.

Nach einem teilweise erfolglosen Versuche von Usborne Moore (1890) wurde Gedge 1898 von der brittischen Admiralität beauftragt, auf dem Vermessungsschiffe »Stork« und mit dem neuen Tiefsee-Strommesser Pilsburys neue Untersuchungen anzustellen, die von Erfolg gekrönt waren. Folgendes sind die Ergebnisse:[1])

Ein ständiger Oberflächenstrom setzte in das Rote Meer hinein mit einer stündlichen Geschwindigkeit von etwa $1^1/_2$ Seemeile.

In 192 *m* (105 Faden) Tiefe lief ein ständiger Strom mit etwa gleicher Geschwindigkeit aus.

Der Gezeitenstrom hatte etwa $1^1/_4$ Seemeile grösste stündliche Geschwindigkeit und lief nach jeder Richtung ungefähr zwölf Stunden, wie sich dies nicht anders erwarten liess, in einer Gegend mit eintägigen Tiden. Dieser Gezeitenstrom herrscht mit wechselnder Geschwindigkeit bis zum Meeresboden vor.

In einer Tiefe von ungefähr 137 *m* (75 Faden) liegt die Grenzlinie zwischen den beiden ständigen Gegenströmen; zur genauern Feststellung dieser Linie würde eine längere Beobachtungsreihe erforderlich sein.

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1898. p. 520

Die Doppelströmungen in Meeresstrassen. S. Makaroff verbreitete sich[1]) über seine Untersuchungen der Meeresströmungen, welche er in den Strassen Bosporus, Gibraltar, Bab-el-Mandeb, Formosa und La Pérouse angestellt hat. Im Bosporus sowohl als in der Strasse von Gibraltar, wie in der von Bab-el-Mandeb liegen zwei Strömungen übereinander, ein unterer »salzreicher« in der Richtung vom Mittelmeere, bezw. vom Roten Meere hinweg, und ein oberer »salzarmer« in entgegengesetzter Richtung. Anders sind die Verhältnisse in den Strassen von Formosa und La Pérouse; in ihnen trifft man auch zwei Strömungen, aber beide sind oberflächlich. In der Strasse von Formosa ist das spezifische Gewicht und die Temperatur an der chinesischen Küste ganz verschieden von den an der Küste von Formosa beobachteten. Man findet z. B. im Februar an der chinesischen Küste eine Temperatur von 11° und ein spezifisches Gewicht von 1.0240, während bei Formosa 20° und 1.0265 gefunden werden. Hält sich der Seefahrer in diesem Monate auf der Linie von + 15°, so bleibt er in zweckmässiger Entfernung von den gefährlichen Küsten. Die Strömungen in der Strasse von La Pérouse sind viel komplizierter. Ein sehr schmaler, langer Streifen von kaltem Wasser fliesst in der Richtung von NW nach SO, während der Kuro-Siwo sein warmes und salzreiches Wasser zum Teil durch diese Strasse ins Ochotskische Meer entsendet. Bei diesen Untersuchungen erwiesen sich die Temperaturmessungen äusserst wertvoll, und Makaroff betont, dass die seefahrenden Nationen sich zur Erforschung der Oberflächentemperaturen der Meere verbinden möchten, wobei die Verteilung der verschiedenen Meeresabschnitte an die einzelnen Nationen sich von grossem Vorteile zur schnellen Beschaffung eines umfassenden Beobachtungsmaterials erweisen würde.

Ungewöhnlich grosse Meereswogen im Hafen von Sydney. H. C. Russell lenkt die Aufmerksamkeit auf die sogenannten seismischen Meereswogen, die bisweilen jenen Hafen erreichen. Diese Wogen haben dieselbe Wellenperiode, wie die durch Erdbeben verursachten Wellen, nämlich etwa 26 Minuten von einem zum andern Scheitel zweier Wellenberge. Indessen hat sich ergeben, dass nur etwa 1 % dieser Wogen terrestrischen Bewegungen entstammen, während 6 % derselben in der Bass-Strasse entstehen, wenn sich über jenem Teile von Australien eine barometrische Depression befindet. Die Wirkung eines Gebietes niedrigen Luftdruckes geht dahin, das Niveau des Meeres zu erhöhen, und diese Erhebung verursacht, um zustandezukommen, längs der Küste von Süd- und Ostaustralien Meeresströmungen. Dieselben vereinigen sich in der Bass-Strasse und erzeugen dort Wogen, die in ihrer Fortbewegung von den Mareographen zu Sydney und Newcastle registriert werden. Russell hat ferner gezeigt, dass mindestens 10 % der registrierten

[1]) Proceed. Royal Soc. of Edinburgh 1899 22. No. 4.

Wogen ihren Ursprung in der Tasman-See als Wirkungen heftiger Ströme haben, also 70 % der in Sydney registrierten periodischen Wellen meteorologischen Ursachen zuzuschreiben sind. Die übrig bleibenden 30 % entspringen vielleicht denselben Ursachen, doch ist dies nicht nachweisbar[1]).

Die Verdunstung des Meerwassers und des Süsswassers ist von Faidiga am Observatorium zu Triest durch 16 Monate lang (1896—1897) täglich vorgenommene Messungen studiert worden[2]). Zu den Messungen wurden zwei Wild'sche Verdunstungswagen ganz gleicher Konstruktion und Grösse benutzt, die in ein und derselben teilweise aus hölzernen Jalousiewänden gebildeten kleinen Hütte aufgestellt, jeden Tag frisch beschickt, auf Null eingestellt und täglich um 9^h abends abgelesen wurden. Als Süsswasser wurde das aus dem Regenmesser gewonnene Wasser benutzt. Das Meerwasser hatte nach 17 Aräometermessungen einen mittlern Salzgehalt von 37.3 $^0/_{00}$.

Von den Ergebnissen sind die hauptsächlichsten:

Die Verdunstung des Süsswassers übertrifft mit verschwindenden Ausnahmen immer die des Meerwassers.

Die Gesamtverdunstungshöhen in Millimetern während der 16 Monate waren:

	Süsswasser	Meerwasser
	910.6 *mm*	750.9 *mm*
die Verhältnisse	100	82.5
oder	121.3	100

Das Verhältnis der Verdunstung beider ist abhängig von der Verdunstungshöhe. Dies geht aus der folgenden kleinen Tabelle hervor, geordnet nach steigenden Werten der mittlern täglichen Verdunstung des Süsswassers in vier Gruppen zu je vier Monaten. (Millimeter).

Süsswasser	Meerwasser	Differenz	Quotient
1.03	0.78	0.25	1.32
1.60	1.28	0.32	1.25
2.04	1.69	0.35	1.21
2.80	2.40	0.40	1.17

Mit der mittlern Temperatur der Luft nimmt auch die Verdunstung beiderseits zu, aber nicht in gleichem, sondern in steigendem Masse, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

Verdunstungszunahme pro Temperaturgrad.

Temperaturintervall	Süsswasser	Meerwasser
1—5°	0.010	0.010
5—9°	0.018	0.015
9—13°	0.045	0.045
13—17°	0.075	0.065
17—21°	0.128	0.110
21—25°	0.193	0.185
25—29°	0.235	0.232

1) Revue scientifiques Nr. 24. 1898.

2) Sitzbr. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Klasse 107. Abt. IIa. p. 270. Annalen der Hydrographie 1899. p. 469.

Mit der mittlern Windgeschwindigkeit nimmt auch die Verdunstung beiderseits zu, aber nicht in gleichem, sondern in bald fallendem Masse.

Mit der Zunahme des mittlern Feuchtigkeitsgehaltes der Luft nimmt die Verdunstung beiderseits regelmässig ab.

Das Mittelwasser der Ostsee. Prof. A. Westphal verbreitete sich auf dem Berliner Geographen-Kongresse über das mittlere Niveau der Ostsee[1]). Für diesen Meeresteil liegen ältere Arbeiten zur Bestimmung des Mittelwassers von Hagen und Paschen, neuere, und besonders umfangreiche und wertvolle von Seibt vor. Beschränkten sich die Arbeiten früher auf einzelne Küstenpunkte, so hat in neuester Zeit das K. Pr. Geodätische Institut ein zusammenhängendes Studium an der ganzen Ostseeküste in die Wege geleitet. Gegenwärtig sind acht Flutmesser-Stationen des Institutes in dauernder Thätigkeit, von Westen nach Osten gerechnet in Travemünde, Marienleuchte auf Fehmarn, Wismar, Warnemünde, Arkona auf Rügen, Swinemünde, Pillau und Memel. Auf diesen acht Stationen funktionieren selbstthätige, kontinuierlich registrierende Flutmesser, die sämtlich nach Angabe von Seibt konstruiert sind.

Zu einer vergleichenden Übersicht der Wasserstände und Mittelwasser an allen acht Stationen liegt erst seit kurzem ein völlig einwandfreies Material vor. Immerhin ist aber für die sechs westlichen Stationen, allerdings unter Zuhilfenahme von Ablesungen an Skalenpegeln, eine Vergleichung der Mittelwasser wenigstens von 1882 ab, also für 17 Jahre möglich. Diese Ablesungen bedürfen, um sie mit andern Stationen vergleichbar zu machen, einer Korrektion in Bezug auf den Einfluss der Gezeiten. Die Studien über die Gezeitenerscheinungen in der Ostsee sind noch nicht abgeschlossen, doch sind folgende Zahlenangaben ziemlich gut verbürgt. Die mittlere Mondflutgrösse beträgt in Travemünde 95, in Wismar 90, in Marienleuchte 64, in Arkona 20, in Swinemünde 18 *mm*: die mittlere Sonnenflutgrösse in Travemünde 31, in Marienleuchte 25, in Arkona 11 *mm*. Während nach der Theorie die Mondflut 2.2 mal so gross sein soll als die Sonnenflut, beträgt sie in Travemünde das 3.1 fache, in Marienleuchte das 2.6 fache, in Arkona das 1.8 fache der Sonnenflut. Ihre extremsten Werte erreicht die Sonnenflut in Travemünde mit 68 *mm*, in Marienleuchte mit 62 *mm*.

Das Ergebnis des Mittelwassers an den genannten sechs Stationen aus den Jahren 1882—1898, und bezogen auf den Normalnullpunkt (N. N.) in Berlin ist folgendes:

Travemünde	Marienleuchte	Wismar	Warnemünde
— 0 116 *m*	— 0.123 *m*	— 0.121 *m*	— 0 108 *m*
	Arkona	Swinemünde	
	— 0.043 *m*	— 0.064 *m*	

[1]) Potonié's Wochenschrift 1899. No. 47.

Wird alles vorhandene Material berücksichtigt, so erhält man folgende Werte, die aber nicht genau untereinander vergleichbar sind:

Travemünde	Marienleuchte	Wismar	Warnemünde
1855—1898	1882—1898	1849—1898	1856—1898
44 Jahre	17 Jahre	50 Jahre	43 Jahre
— 0.137 *m*	— 0.123 *m*	— 0.122 *m*	— 0.106 *m*

Arkona	Swinemünde	Kolbergermünde
1884 – 1898	1811—1898	1816—1898
14 Jahre	88 Jahre	81 Jahre
— 0.043 *m*	— 0.065 *m*	— 0.058 *m*

Die frühere Annahme eines Gefälles der Ostsee, das von Memel bis Kiel 30 *cm* betragen sollte, darf jetzt als beseitigt angesehen werden, doch ist immerhin ein Ansteigen des Wasserstandes von Westen nach Osten hin zu bemerken. Als Ursache dieses Ansteigens wird der Einfluss des Überwiegens der Westwinde vermutet.

Dem Einfluss der Winde kann auch vielleicht der Verlauf der Jahreskurven der Mittelwasser zugeschrieben werden, der so regelmässig vor sich geht, dass die Abweichungen der Monatsmittel vom Jahresmittel zur Ergänzung fehlender Beobachtungen benutzt werden können.

Was die Frage der Bewegung der deutschen Ostseeküste betrifft, so spricht sich nach den gegenwärtig vorliegenden Erfahrungen weder eine Hebung noch eine Senkung aus. Freilich erstrecken sich die Beobachtungen noch über einen verhältnismässig kurzen Zeitraum.

Die deutsche Tiefsee-Expedition. Schliesslich muss hier noch der unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Chun ausgeführten deutschen Tiefsee-Expedition gedacht werden, welche auf der »Valdivia« am 1. August 1898 die Elbe verliess und am 29. April 1899 wieder in Hamburg eintraf. Die überaus reichen, teilweise überraschenden Ergebnisse dieses grossen wissenschaftlichen Unternehmens können naturgemäss erst nach Verlauf längerer Zeit, welche die definitive Bearbeitung erfordert, gewürdigt werden. Zunächst handelt es sich nur um vorläufige Ergebnisse, soweit dieselben durch Teilnehmer der Expedition bekannt geworden sind. Was zunächst den Reiseweg der »Valdivia« anbelangt, so ging derselbe von der Elbe nach dem Firth of Forth, den Fär-Öer, östlich Rokall und westlich Irland vorbei nach den Canaren, den Cap-Verden, nach Kamerun, der Congo-Mündung, der grossen Fischbay, der Kapstadt, der Bouvet-Insel, quer durch den südlichen Indischen Ozean in der Richtung auf Enderbyland zu, von dort nach den Kerguelen, den Inseln St. Paul und Neu-Amsterdam, den Cocos-Inseln, längs der Westküste von Sumatra, nach Ceylon, dem Chagos-Archipel, den Seychellen und Amiranten, nach Sansibar, dann nordwärts längs der afrikanischen Ostküste durch das Rote Meer ins Mittelmeer, um Spanien und durch den englischen Kanal wieder nach der Elbe. Berichte über die Ergebnisse der Expedition liegen bis jetzt vor in den Annalen der Hydrographie 1899 und in offizieller Form in der

Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin[1]). Von letzterer Publikation sind hier nur die ozeanographischen Arbeiten aus dem Bericht von Dr. Gerhard Schott hervorzuheben.

Derselbe teilt folgendes mit:

a) Im Bereich des Nordatlantischen Ozeans. 1. Tiefsee-Lotungen dienten hier im wesentlichen als notwendige Vorarbeit für das Versenken der Tiefsee-Dredschen. Es zeigte sich bald, dass selbst da, wo die vortrefflichen englischen »Sounding sheets« eine Menge Lotungen angeben, mit einer die Anforderungen der Tiefsee-Fischerei befriedigenden Genauigkeit die am Schiffsort vorhandene Tiefe aus den Karten nicht entnommen oder abgeschätzt werden kann.

Es war möglich, die Lotungsstellen fast immer dahin zu legen, wo kleinere oder grössere Lücken in unserer Kenntnis vom Relief des Meeresbodens bestanden; es gilt dies besonders vom Golf von Guinea, auf der Route von 0° Br. 9° westl. L. nach Kamerun.

34 Tiefsee-Lotungen wurden ausgeführt.

Die beim Loten gewonnenen Grundproben werden vom Chemiker und vom Bakteriologen der Expedition untersucht und aufbewahrt.

II. Temperatur-Reihen wurden rund zwanzig gewonnen, meist bis zu 100, 1500, auch 2000 *m* Tiefe; dazu kommen die beim Loten erhaltenen Grund-Temperaturen. Wasserproben zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes und Gasgehaltes der tiefern Schichten sind in der Regel der grössten jeweils mit den Thermometern erreichten Tiefenschicht entnommen.

Es wurden auch einzelne, ganz genaue Messungen der Temperatur der alleroberstenWasserschichten bis zu 50 *m* Tiefe vorgenommen, ungefähr in der Weise, wie dies Hensen auf der Plankton-Expedition begonnen hat.

III. Was die Bestimmungen des Salzgehaltes der Meeresoberfläche anlangt, so ordnen sie sich sehr gut der Krümmel'schen Karte (für den Nordatlantischen Ozean) ein; die abnorme Verminderung des Salzgehaltes im Grenzgebiet zwischen dem NO- und SO-Passat wurde deutlich konstatiert. An der Nordgrenze des SW-Monsuns (in etwa 11° nördl. Br.) war der Sprung von 36.2‰ auf 34.0‰ ein plötzlicher, während an der Südgrenze beim Übergange in den Südäquatorialstrom das Ansteigen bis auf 35.4‰ allmählich vor sich ging. Zwischen 35.4 und 35.0‰ hielt sich der Salzgehalt im Golf von Guinea bis unmittelbar vor die Niger-Mündungen, deren süsses Wasser erst am 13. September, 1½ Tage vor Kamerun, dem Aräometer fühlbar wurde, offenbar deshalb, weil die Guinea-Strömung das Flusswasser gleichfalls ostwärts wegführt.

Die aräometrischen Messungen lassen ferner, nach Beobachtungen seitens des Botanikers der Expedition, einen Zusammenhang des absoluten spezifischen Gewichtes des Seewassers mit der äussern Gestaltung der Schwimmvorrichtungen mancher pflanzlichen Planktonformen (Ceratium u. s. w.) deutlich erkennen, doch ist es nicht angebracht, auf diese oder andere Forschungen jetzt schon einzugehen. Die aus den Besteckdifferenzen berechneten Stromversetzungen waren bisher meist sehr gering; es liegt ferner bereits eine Reihe höchst merkwürdiger Beobachtungen über Unterströmungen vor, welche bei Gelegenheit der Tiefseefischerei gemacht wurden, und welche erkennen lassen, dass Ober- und Unterstrom bald in derselben Richtung, aber mit verschiedener Geschwindigkeit, bald in verschiedener, ja geradezu in entgegengesetzter Richtung laufen können.

Die Registrierstreifen der meteorologischen Instrumente für Luftdruck, Feuchtigkeit und Temperatur werden voraussichtlich Anlass zu einigen nicht uninteressanten Fragen geben. Die im Laufe von 24 Stunden auftretende, in den Tropen stets vorhandene doppelte Luftdruckwelle wird

[1]) 34. 1899. No. 2.

vom Barographen vorzüglich wiedergegeben, ihre Amplitude beträgt 2.5 bis 4.0 *mm*. Der Hygrograph verzeichnet, wie in den höhern Breiten, so auch hier in den Tropen ständige, aber kleine Schwankungen der Feuchtigkeit; nach dem Thermographen tritt das Maximum der Lufttemperatur fast ebenso häufig kurze Zeit vor Mittag als nach Mittag (immer wahre Ortszeit gerechnet) ein.

b) Südatlantischer Ozean und Indischer Ozean bis Sumatra. I. Tiefsee-Lotungen. Es konnten im ganzen zwischen Kamerun und Padang 82 Lotungen ausgeführt werden, davon 13 zwischen Kamerun und Kapstadt, 8 auf der Agulhas-Bank und im Agulhas-Strome, 40 zwischen Kapstadt — Bouvet — der Eisgrenze — und Kerguelen sowie 21 zwischen Kerguelen und Padang.

a) Unter den im Südatlantischen Ozeane gewonnenen Lotzahlen sind diejenigen vom 17. und 18. Oktober in beiläufig 25° südl. Br. und 6° östl. L. (Stat. No. 83, 84, 85) besonders interessant. Wir mussten wenigstens 4000 *m* Wasser unter uns erwarten, das Vertikalnetz ward mit 1500 *m* Seil ausgegeben und kam herauf, voll von feinem Foraminiferen-Sand, hatte also zweifellos den Grund berührt. Daraufhin angestellte Lotungen ergaben nun in der That nur 980, bezw. 936 *m* Tiefe, worauf mit der Dredsche noch mehr Grundproben, sowie ein Stück Bimsstein und eine ungemein reiche Tierwelt heraufgebracht wurde. Die Entdeckung dieser mindestens acht Seemeilen langen Untiefe ist besonders lehrreich in Verbindung mit den Verseichtungen, welche das U. St. S. »Enterprise« fünf Breitengrade südlicher gefunden hat; man sieht, man ist nirgends vor derartigen Überraschungen sicher.

b) Die fünf Lotungen auf Stat. No. 110, 111, 112, 115 und 117 gestatten, da sie ganz systematisch in einer Peilung (NNO bis SSW) angelegt sind, die Böschungsverhältnisse von der Westseite der Agulhas-Bank bis zur Tiefsee von rund 5000 *m* zu verfolgen.

c) Die Lotungen zwischen Kapstadt — Bouvet — Kerguelen bedeuten die Entdeckung eines ausserordentlich tiefen, wohl 6000 *m* stellenweise erreichenden und mindestens über 60 Längengrade ausgedehnten antarktischen Ozeans in einer Meeresgegend, welche man bisher — allerdings ohne Grundlagen in Messungen zu haben — für relativ seicht, nämlich 1000 bis 2000 bis 3000 *m* tief anzunehmen geneigt war.

Unsere bisherigen Tiefenkarten geben fast alle der Vermutung eines antarktischen submarinen Plateaus Raum (siehe z. B. Seewarte, Atlas des Indischen Ozeans, Tafel I, und Peterm. Mitt. 1889, Tafel 10 u. s. w.). Diese Vorstellung dürfte durch die Messungen der »Valdivia« für den östlichen Südatlantischen Ozean und den Indischen Ozean beseitigt sein. In ähnlicher Weise, wie nach dem Nordpole hin ein tiefes Meer konstatiert ist, ist auch nach dem Südpole zu ein sehr tiefes ausgedehntes Becken vorhanden; es ist möglich, dass seine grösste Einsenkung in etwa 60° südl. Br. und 30° östl. L. zu suchen ist.

Unsere Messungen ergaben zwischen 56° und 60° südl. Br. und den Meridianen von Bouvet und Enderby-Land durchschnittlich 5500 *m* (= 3000 englische Faden), nördlich davon und auch in der Nähe von Enderby-Land etwas weniger, etwa 4700 *m*. Zwischen der Bouvet-Insel und dem Kaplande ist ebenfalls ein tiefes Meer, desgleichen reicht bis ganz nahe an das zwischen Kerguelen und Heard-Insel vom »Challenger« gefundene Plateau die Tiefsee mit 4000 *m* und darüber. In der Bouvet-Region ist das unterseeische Relief wirr, doch kann Verf. jetzt darauf nicht näher eingehen.

Unter dem ausdrücklichen Vorbehalte, vielleicht einem Irrtume verfallen zu sein, möchte Berichterstatter auf Grund des an Bord nur in beschränktem Umfange vorhandenen Kartenmaterials bemerken, dass für das Verständnis der Tiefenverhältnisse des antarktischen Meeres vor der Reise der »Valdivia« nur höchstens 15 Tiefenzahlen zur Verfügung standen, wobei nur die

Lotungen berücksichtigt sind, welche südlich von 50° südl. Br. liegen und bis zum Meeresgrunde durchgeführt sind, und wobei einige fünf bis sechs Lotzahlen der »Enterprise« vor der Magellan-Strasse, die nicht zum antarktischen Gebiete gerechnet werden können, sowie einige Messungen auf flachem Wasser (unter 200 *m*) dicht unter Land weggelassen sind.

Die »Valdivia« hat südlich von 50° südl. Br. 29 ozeanische Tiefen gemessen und zwischen Kapstadt und St. Paul — Neu-Amsterdam 51 Lotungen ausgeführt.

Was die Bodentemperaturen anlangt, so seien hier nur folgende Zahlen zusammengestellt. Wir haben für eine Bodentiefe von rund 5000 *m* gefunden:

unter dem Äquator	+ 1.7° C.	Atlantisches Gebiet.
unter dem südlichem Wendekreise	+ 1.0° »	
zwischen Kap und Bouvet . . .	+ 0.4° »	
zwischen 55° und 64° südl. Br. .	— 0.4° »	(Oberfläche hier: — 1.5° C.).

Diese Zahlen dürften zuverlässig sein, da manchmal zwei Thermometer gleichzeitig angebunden und im hohen Süden nur Umkehr-Thermometer verwendet wurden.

d) Die Lotungen zwischen Kerguelen und Padang führen recht durch den tropischen Indischen Ozean und speziell durch das tiefe östliche Becken desselben. Es wurde von Neu-Amsterdam aus der Kurs so gewählt, dass die Lotungen ungefähr mitten zwischen den Lotreihen der »Gazelle« und der »Egeria« liegen; es hat sich dabei ergeben, dass das über 5000 *m* tiefe Gebiet, die sogenannte australindische Tiefe, nicht so weit nach Südwesten reicht, als man annahm; ja, wir haben da, wo man bisher die 4000 *m*-Linie zeichnete, auf unserem Kurse am 9. Januar in 30° südl. Br. und 88° östl. L. gar nur 2068 *m* (Stat. 172) gemessen. Mit 5911 *m* Tiefe in 18° 18′ südl. Br. und 96° 20′ östl. L. erreichten wir die bisher während des ganzen Verlaufes der Expedition grösste von uns gemessene Tiefe.

In den 4000 bis 5000 *m* grossen Tiefen dieses Ozeanteiles war die Bodentemperatur durchweg sehr gleichmässig, und zwar vergleichsweise hoch, nämlich 1.1 bis 1.3° C.

e) Was schliesslich die auf der ganzen Fahrstrecke von Kamerun bis Padang mit der Lotröhre heraufgebrachten Grundproben anlangt, so wurden fast ausschliesslich die von unserem am 14. Januar leider verstorbenen Expeditionsarzt Dr. med. Bachmann für bakteriologische Zwecke konstruierten Röhren verwendet, welche, 1 bis 2 *cm* weit, aber verschieden lang, ein kleines Profil des Meeresgrundes heraufbefördern. Das von der Seewarte entliehene englische Schnapplot hat sich nicht bewährt. — Die Bodenproben werden natürlich später genau untersucht werden; hier genügt es zu sagen, dass das Gebiet der für die südpolaren Gewässer charakteristischen Diatomeen-Erde von den Bouvet-Inseln bis dicht vor Kerguelen längs unserer Route vorhanden ist, dass im übrigen Globigerinen-Sand am häufigsten war, zumal im Südatlantischen Ozeane, wo aber von den Niger-Mündungen bis zum Kongo ein ganz abscheulicher, blauschwarzer, sehr schmieriger und weicher Schlamm konstatiert wurde.

Roter Thon fand sich im Indischen Ozeane von 28° südl. Br. bis 15° südl. Br.; 4 Seemeilen im Westen von den Cocos-Inseln bildete weisser Globigerinen-Sand die Grundprobe (17. Januar) in 2154 *m* Tiefe.

2. Tiefentemperaturen. Es sind von Kamerun bis Padang im ganzen 26 Temperaturreihen gewonnen worden, davon:

10 zwischen Kamerun und Kapstadt,
3 auf der Agulhas-Bank und im Agulhas-Strome,
6 zwischen Kapstadt — Bouvet — Eiskante — Kerguelen,
7 zwischen Kerguelen und Padang.

Aus diesen Reihen ist eine Auswahl in der beifolgenden Tabelle gegeben. Es wird hierzu folgendes bemerkt:

Temperaturreihen. ° C.

Tiefe in *m*	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
	Stat. 63	Stat. 73/74	Stat. 82	Stat. 90	Stat. 102	Stat. 116	Stat. 120	Stat. 135	Kombin. Statt. 149/152/153	Stat. 168/170	Stat. 179/180
	26. 9. 98 2° N. 8° O.	7/8. 10. 98 10° S. 10° O.	15. 10. 98 22° S. 7° O.	25. 10. 98 33° S. 16° O.	1. 11. 98 35° S. 26° O.	14. 11. 98 37° S. 18° O.	18. 11. 98 42° S. 14° O.	2. 12. 98 57° S. 14° O.	16/18. 12. 98 63° S. 54° O.	5/7. 1. 99 34° S. 81° O.	16/17. 1. 99 14° S. 96° O.
	Benguela-Strom unter verschiedenen Breiten				Agulhas-Strom	Westwindtrift warme Zone	Westwindtrift kalte Zone	an der Eiskante bei den Bouvet	an der Eiskante vor Enderby-Land	Südl. Stillen-Gürtel	Indisch. SO-Passat
0	24.8	22.5	17.0	16.2	21.5	15.6	7.8	—1.5	—1.0 = 33.7	19.6	27.4
10									—1.1 ‰		
20					21.5				—1.2 Salz-	19.2	
40									—1.2 geh.		
50	22.7	15.0	16.5	15.3	20 8			—1.6	—1.4	17.0	27.1
60									—1.4		
80									—1.7	15 1	
100	15.4	14.5	15.0	13.6	19.3	14.6	7.6	—1.5	—1.1	14.7	25.1
110									—0.5		
120									—0.3		
125								—0.6			
130									+0.6		
140									+0.8		
150								—0.5	+0.8 = 34.0		
175								+0.2	‰		
200	14.1	13.1	12.9	12 2	14.8		6.7	+0.5	+1.4	13 2	20.8
250						13.4					
300					12.8				+1.7	12.5	13.2
350									+1.7		
400	9.5	8.5	8.3	9.0	13.1		5.5	+0.6	+1.6 = 34.4	11.7	
500						9.5			‰		9.2
600	8.1	5.9	6.5	6.6	9.6		3.4		+1.2	10.7	
800	5.8	5.0	5.8	5.0	9.2		3.3	+0.8	+1.5	7.7	6.7
1000	4.7	4.7	3.7	3.0	9 2	4.6	2.8	+0.8	+1.6 = 34.5	4 9	5.5
1500		3.8			7.1	2.7		+0.1	+1.6 = 34.6	3.1	3.3
2000									+0.6 ‰		
2750									—0.3 Salz-		
4000								—0.2	geh.		
5000								—0.5			
Boden i. Tiefe *m*	2492			3202	1930	4170	St. 118 2600 mit 1.8° und 4600 mit 0,4°		4600	2414	5834
Temp. das.	2.6			2.2	3.9	0.7			—0.5	2 1	1.3

a) In den vier Reihen zwischen 2° nördl. Br., 8° östl. L. und 33° südl. Br., 16° östl. L., die sämtlich dem Gebiete des Benguela-Stromes zugehören (Reihe I—IV), erkennen wir schon von 100, noch mehr von 200 *m* Tiefe an eine ausserordentliche Gleichheit der Temperaturen. (Die vorhandenen geringen Differenzen sind teils faktische, teils durch eine noch nicht an diesen provisorischen Zahlen angebrachte Korrektion für Neigungswinkel des Drahtseils voraussichtlich zu beseitigen.) Wir haben also in dem ganzen tiefen Becken des östlichen Südatlantischen Ozeanes — von der oberflächlichsten Schicht abgesehen — in gleichen Tiefen ungefähr gleiche Temperatur, was nur möglich ist, wenn das Wasser in vergleichsweise starker Vorwärtsbewegung ist, und was einen guten Beweis für die unterseeische, vom Südpole herzuleitende Strömung abgiebt, deren wir aus manchen ozeanographischen Gründen bedürfen.

b) Die Zahlen der Reihe V in 35° südl. Br. und 26° östl. L. kann Referent noch nicht als durchaus richtig verbürgen; in dem Agulhas-Strome trieb das Drahtseil sehr stark ab, und es müssen an der Hand von Lotungsergebnissen die Zahlen später noch geprüft werden; es scheint in der That eine kolossale Erwärmung bis tief nach unten hin vorhanden zu sein, andere Faktoren sprechen aber dagegen.

c) Die zwei Reihen VI und VII in 37° südl. Br., 18° östl. L. und in 42° südl. Br., 14° östl. L. gehören dem sogenannten Mischgebiete der Westwindtrift an, d. h. jener Gegend, in der die letzten Ausläufer des Agulhas-Stromes sich mischen mit dem weit nordwärts gedrungenen Oberflächenwasser der antarktischen Trift.

d) Weitaus am interessantesten sind die Reihen VIII und IX in 57° südl. Br., 14° östl. L. und in 63° südl. Br., 54° östl. L; sie geben ein Bild polarer Temperaturschichtung. Wir haben erstens oben sehr kaltes Wasser (unter 0° C.), das Schmelzwasser des Eises, dann folgt eine Schicht warmen Wassers (über 0° C.), und schliesslich wieder nach dem Grunde zu Temperaturen unter 0°, aber nicht den Beträgen an der Oberfläche gleichkommende. Wir haben zweitens im Westen, bei der Bouvet-Insel, durchweg viel niedrigere Temperaturen als im östlichen Teile unserer Eisfahrt, im Meridiane von Enderby-Land, zum Beweis auch für die oben angeführte Behauptung, dass die Bouvet-Gegend trotz ihrer vergleichsweise niedrigen Breite rein antarktischen Charakter in höchstem Masse zeigt.

Die Bedeutung dieser Verhältnisse liegt auf der Hand; das Vorhandensein einer über 2000 *m* mächtigen Schicht warmen Wassers ist in physikalischer Hinsicht eine ausserordentliche Erscheinung, zumal, wenn man auf 64° südl. Br. noch in 1500 *m* + 1.6° C. u. s. w. findet. Die grossen Eisberge tauchen alle in diese Schicht mit Temperaturen über 0° hinein; für die Erklärung der Befunde mancher Planktonzüge und Schliessnetzfänge dürften diese Temperaturverhältnisse wichtige Aufschlüsse liefern.

Der grössere Salzgehalt in der warmen Schicht macht es erklärlich, dass diese Temperaturverteilung (ohne vertikale Strömungen, welche einen Ausgleich herbeiführen würden) stationär bleiben kann.

Das bekannte, im Süden von Kerguelen nach der Eiskante zu vom »Challenger« beobachtete Temperaturprofil haben wir nicht gefunden, offenbar, weil die »Valdivia« nicht östlich genug gewesen ist; generell betrachtet, liegt es aber auch in den beiden eben besprochenen Temperaturreihen angedeutet vor, indem wir in 50, bezw. 80 *m* Tiefe auch im Vergleiche zur Oberflächentemperatur ein leichtes Minimum der Temperatur finden, und die Befunde des »Challenger« reihen sich vielleicht gut in die von Westen nach Osten entlang der Eiskante zunehmende Erwärmung aller Schichten ein, doch bedarf dies genauerer Untersuchung.

e) Die Temperaturreihen No. X und XI in 34° südl. Br., 81° östl. L. und 14° südl. Br., 96° östl. L. endlich gehören dem zentralen Indischen Ozeane an, und zwar giebt die erste dieser Reihen die vertikale Temperaturverteilung für das Stillengebiet der südhemisphärischen Ross-Breiten,

d. h. für die Gegend, von welcher aus der Südostpassat bei hohem Luftdrucke seinen Ausgang nimmt, und in welcher man (ähnlich wie bei den Azoren in den nordhemisphärischen Ross-Breiten) vergleichsweise starke Erwärmung bis 1000 *m* Tiefe hin, bei Stromstille an der Oberfläche, erwarten kann· Wer diese Reihe mit der auf gleicher Breite im Benguela-Strome (Reihe IV, 33° südl. Br., 16° östl. L.) gemessenen Reihe vergleicht, wird durchweg höhere Zahlen für das indische Gebiet finden.

Recht wertvoll scheint Reihe No. XI zu sein, welche die indische Südäquatorialströmung im Gebiete des frischesten Südostpassates repräsentiert und, verglichen mit den entsprechenden südatlantischen Verhältnissen, wiederum die grosse Durchwärmung der oberen 1000 *m* im Indischen Ozeane beweist, zugleich auch eine scharf ausgeprägte Sprungschicht zwischen 200 und 300 *m* Tiefe erkennen lässt. Man sieht auch hieraus wieder, dass die durch die Tropensonne hervorgerufene Erwärmung sich nur auf eine vergleichsweise sehr dünne, ganz oberflächliche Schicht von etwa 200 *m* erstreckt, wenigstens, wenn man Temperaturen von 20° und darüber erwartet. In 500 *m* Tiefe ist die Ähnlichkeit mit den Temperaturverhältnissen der gemässigten Zone stellenweise schon eine fast vollkommene.

3. Die Eisverhältnisse im hohen Süden (November — Dezember 1898) mögen kurz besprochen werden, weil seit vielen Jahren zum erstenmale zwischen der Bouvet-Insel und 60° bis 70° östl. L. in diesen ausserhalb der Schiffahrtswege gelegenen Breiten beobachtet worden ist, und ausserdem die ungewöhnlich starke Eistrift, welche von 1892 bis 1897 im Südatlantischen und Indischen Ozeane herrschte, eben erst ihr Ende erreicht hatte. Es ist wohl möglich, dass wir gerade deshalb relativ günstige Eisverhältnisse angetroffen haben, weil in den letzten Jahren ungewöhnlich viel Eis abgetrieben war.

Wir haben rund 180 Berge verschiedener Grösse gesehen, deren Lage genau notiert, und deren ungefähre Dimensionen gemessen, bezw. abgeschätzt worden sind; von sehr vielen Eisbergen sind die Umrisse skizziert, eine grössere Reihe ist auch photographiert worden.

Den ersten Eisberg sahen wir kurz vor der Bouvet-Insel am 25. November, den letzten in 61° südl. Br., 61° östl. L. am 19. Dezember. Da, wo Eisberge zahlreich waren, trat auch meist das Treibeis, oft in unabsehbaren Feldern gedehnt, auf; es sind das Stücke ganz zerkleinerten Eises, alle von annähernd gleicher sehr geringer Höhe und oft eine Art Eisbrei bildend; die Bestimmung des spezifischen Gewichtes dieses Eises und sonstige Gründe sprechen dafür, dass dieses Treibeis zu einem beträchtlichen Prozentsatze aus Bruchstücken von Gletschern besteht, also aus Süsswassereis; einmal sahen wir direkt durch Abstürzen vom Eisberge solche Trümmer in Menge entstehen.

Dieses Treibeis war am häufigsten und dichtesten im Südosten von Bouvet-Insel, dann folgte die sehr bemerkenswerte Abnahme der Häufigkeit von Eisbergen und das zeitweise gänzliche Fehlen von Treibeis zwischen 20° und 40° östl. L., worauf wieder beides, die Berge und die Eisfelder, zunahmen.

Das Packeis, das als reines Meerwassereis mit seiner grünlicher Farbe gar nicht zu verkennen und mit seiner in einzelnen Fällen bis an die Reeling des Dampfers reichenden Höhe von deutlich geschiedenen übereinander gelagerten Schichten eine durchaus neue, eigenartige Erscheinung war, haben wir nur im Meridian von Enderby-Land getroffen, etwa 100 Seemeilen nördlich von dieser Küste; es zwang uns natürlich zur Umkehr.

Was die Eisberge noch anbelangt, so ist sehr beachtenswert, dass im westlichen Teile unserer Eisfahrt, bei der Bouvet-Insel, die Berge meist ein sehr verwittertes Aussehen hatten, mit abenteuerlichen Formen, voller Sprünge und Grotten; sehr häufig war hier an den Berg ein niedriges Vorland von Eis, das oft von Pinguinen besetzt war, angelagert, selten hatte der Gletscher noch seine ursprüngliche Schwerpunktslage, die Hohl-

kehlen der Brandung lagen hoch heraus, die Schichten lagen schräg zum Wasserspiegel. Die vom »Challenger« abgebildete Tafelform war hier im Westen nur sehr selten, kurzum, alles liess schliessen, dass diese Berge eine lange Reise bereits gemacht hatten, und dieser Umstand in Verbindung mit der Eisarmut zwischen 20° und 40° östl. L. und mit der Entdeckung des tiefen antarktischen Meeres lässt den Berichterstatter vermuten, dass unter den Meridianen von 0° bis 40° östl. L. Land, wenn überhaupt, erst in sehr hoher polarer Breite sein dürfte, was ja auch bereits für einige Stellen durch Ross und Bellinghausen bewiesen ist.

Anders lagen die Verhältnisse zwischen 40° und 62° östl. L.; als die Eisberge wieder zunahmen, zeigten sich, je östlicher, desto mehr, auffallend regelmässig gestaltete, kastenförmige Berge, ganz so, wie die im »Challenger«-Narrative abgebildeten. Einzelne waren offenbar ganz frisch entstanden, ohne Spalten, so vor Enderby-Land.

Die Höhe der Berge wurde durch den Sextanten ermittelt, nachdem durch einen Schuss oder die Dampfpfeife die Entfernung mittels Schall bestimmt war; die Durchschnittshöhe schwankte zwischen 40 und 60 *m* über Wasser, so dass etwa noch 400 bis 500 *m* Eis unter Wasser tauchte; der längste Berg, den wir aber nur in weitem Abstande gesehen haben, war mindestens drei bis vier Seemeilen lang und machte ganz den Eindruck der bekannten Ross'schen Eismauer der Antarktis.«

c) Tropischer Ozean, auf der Route Padang—Nias—Nicobaren—Ceylon—Malediven—Chagos—Seychellen — Deutsch - Ostafrika—Aden, von Mitte Januar bis Ende März 1899.

I. Lotungen. Dieselben sind in dem am Schlusse folgenden Verzeichnisse sämtlicher Lotungen abgedruckt.

II. Tiefseetemperaturen. »Nördlich von 40° südl. Br. konnte der Berichterstatter im ganzen 19 bis 20 Temperaturserien nehmen, die in den weitaus meisten Fällen vollständig genug sind, um für alle Schichten bis zum Meeresgrunde hin die Temperatur mit Sicherheit angeben zu können; es besteht die Absicht, an der Hand dieses und des sonst noch vorhandenen Materiales späterhin den Versuch zu machen, Isothermenkarten für die verschiedenen Horizontalflächen, besonders für die Tiefen von 0 bis 300 *m*, zu entwerfen.

Ohne nur irgendwie Vollständigkeit zu beabsichtigen, sei hier auf einige Punkte jetzt schon hingewiesen:

1. Die Frage, ob antarktisches Wasser auch in den Tiefen des tropischen Indischen Ozeanes vorhanden ist, ist natürlich sofort zu bejahen; die Frage aber, ob auch heute noch ein stetiges Nachfliessen solchen antarktischen Wassers äquatorwärts stattfindet, ist nicht mit der Sicherheit wie für den Südatlantischen Ozean zu beantworten.

Jedenfalls sind die Anzeichen für einen wirklichen Unterstrom (von freilich unmessbarer Geschwindigkeit) hier im Indischen Meere dürftig und schwach, aber doch vorhanden. Bestimmen wir nämlich mit Hilfe graphischer Interpolation die Tiefen, in welchen wir unter den verschiedenen geographischen Breiten (und annähernd gleicher geographischer Länge) die Temperatur von 20°, 15°, 10°, 5° und 2.5° antreffen, so erhalten wir Folgendes:

Indischer Ozean. Östliche Hälfte.

auf Breite	Lage der Isothermobathen von					
	25°	20°	15°	10°	5°	2.5°
I. 36° S (79° ö. L.) . . .	—	—	55	**650**	975	2100
II. 12° S (96° ö. L.) . . .	105	**205**	**265**	**450**	1100	2050
III. 2° N (77° ö. L.) . . .	110	**130**	**160**	**425**	1280	2000
IV. 9° N (89° ö. L.) . . .	85	120	**175**	**550**	1450	2350
	Meter Tiefe					

Man sieht, dass die Isothermobathe für 10° von Süden wie von Norden nach dem Äquator zu aufsteigt; die Isothermobathen für 20° und 15° steigen nur zwischen 12° südl. Br. und 8° nördl. Br. in die Höhe.

Ein solches Aufsteigen des Tiefenwassers — einerlei, wodurch es veranlasst ist — kann nur bei einem am Meeresgrunde »hinkriechenden«, das aufgestiegene Wasser stetig ersetzenden Zuflusse aus den Südpolargegenden bestehen.

2. Der Indische Ozean weist ferner, soweit das Monsungebiet und der davon abhängige halbjährliche Wechsel seiner Wasserbewegungen sich erstreckt, eine höchst interessante Erscheinung in solchem Grade auf, wie wahrscheinlich kein anderer Ozeanteil; es ist nämlich eine Sprungschicht der Temperatur vorhanden, die sich meist zwischen 50 und 200 *m* Tiefe findet und an die ähnlichen Erscheinungen in den grössern Landseen (Süsswasserseen) erinnert. Wir haben bis zu 50 oder 100 *m* Tiefe in den meisten Fällen eine Temperatur, die von derjenigen der Oberfläche nur wenig verschieden ist, dann aber eine starke und plötzliche Temperaturabnahme oft um 8° bis 9° bei nur 20 bis 25 *m* Tiefendifferenz, worauf schliesslich das bis zu den grössten Tiefen anhaltende, sehr langsame Fallen des Thermometers beginnt. Offenbar reicht nur bis zur obern Grenze der Sprungschicht die von der tropischen Sonne bedingte Erwärmung, während für die Temperaturgrade der nächstfolgenden Schichten wesentlich die ozeanischen Strömungen, speziell ihre Geschwindigkeiten und damit in Zusammenhang stehende vertikale Wasserbewegungen massgebend sind.

Man gewinnt, wenn man das im Laufe eines Jahres erfolgende Hin- und Herwandern der Wassermassen des Indischen Ozeans im Monsungebiete bedenkt, den Eindruck, dass zwar zeitlich und lokal starke, ja heftige Strömungen vorhanden sind, aber doch im wesentlichen dasselbe Wasser immer im Monsungebiete verbleibt und damit eben einem Landsee ähnliche Verhältnisse geschaffen werden, wodurch die Sprungschicht erklärlich wird. Anders ist es z. B. im Atlantischen Ozeane, von welchem wir mehrere Beispiele durchgreifenden Wasseraustausches kennen und z. B. wissen, dass Oberflächenwasser aus der Gegend des Kaplandes zweifellos bis in den Nordatlantischen Ozean gelangt.

Die Erscheinung bedarf natürlich noch genauerer Untersuchung; immerhin darf der Berichterstatter vielleicht jetzt schon das Vorhandensein einer Sprungschicht als ein Charakteristikum des tropischen Indischen Ozeanes bezeichnen.

3. Existenz einer homothermen Schicht von rund 900 *m* Tiefe an abwärts. Es fiel mir bei dem Umherkreuzen in dem Binnenmeere von West-Sumatra bald auf, dass immer dieselbe Bodentemperatur von 5.9° C. gefunden wurde, sobald nur an der betreffenden Station die Tiefe mehr als rund 900 *m* betrug; ob wir dann 1200 oder 1800 *m* Tiefe hatten, die Grundtemperatur betrug stets 5.9°, während wir, nach den Verhältnissen im angrenzenden offenen Ozeane zu schliessen, eine Temperatur des Bodenwassers von etwa 4° oder 3° in solchen Fällen erwarten mussten.

Es folgt aus dieser Gleichmässigkeit der Tiefentemperaturen, dass die »Sumatra-See« gegen den offenen Indischen Ozean in einer Tiefe von rund 900 *m* abgesperrt ist; nirgends dürften sich grössere Zugangstiefen finden, denn sonst könnte und müsste das kältere Ozeanwasser eindringen. Die Zugangsstrassen im Süden und Südosten konnten von der »Valdivia« nicht genügend durchforscht werden, wohl aber ist dies, und zum erstenmale damit, geschehen mit den Strassen und Kanälen im Westen und Nordwesten, z. B. dem Nias-Süd-Kanale, dem Nias-Nord-Kanale, der Siberut-Strasse u. s. w., und wir haben eine grösste Zugangstiefe von 677 *m* (s. die Lotungsliste, No. 129) gefunden, im Binnenmeere eine grösste Tiefe von 1671 *m* (Lotung No. 119), so dass daselbst Tiefen von 2000 *m* und mehr nicht unwahrscheinlich sind.

Relief- und Temperaturverhältnisse dieser Sumatra-See haben ihre Analogien in der Celebes-See, Banda-See u. s. w.

d) Verschiedenes. Bei den Arbeiten, die sich auf die Ermittelung des spezifischen Gewichtes, des Salzgehaltes, des Gasgehaltes des Meerwassers und ähnliches bezogen, hat sich von neuem und immer deutlicher herausgestellt, dass in vielen Fällen die in Betracht kommenden physikalischen und chemischen Faktoren für die Abgrenzung der verschiedenen Stromgebiete gegen einander viel wichtiger sind als die auf Grund der Besteckdifferenzen ermittelten Wasserbewegungen selbst.

Es ist dies verständlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass die Richtung und Geschwindigkeit fast aller Meeresströmungen infolge von oft sehr geringfügigen Ursachen ungemein leicht veränderlich ist, während die Wasserbeschaffenheit innerhalb der bewegten Wassermassen das Konstante ist. Es war oft geradezu überraschend zu sehen, wie bei Stromgrenzen, die an sich zwar geringen, aber in ozeanischem Sinne recht beträchtlichen und bedeutungsvollen Unterschiede in den Werten aller Elemente zu Tage traten, so dass wir fast ganz unabhängig von der häufig ungenauen Bestimmung der »Stromversetzung« mit ziemlicher Sicherheit sagen konnten, in welcher Wasserart und in welchem Stromsysteme wir uns befanden.

Um diese allgemeine Darlegung an einem Beispiele klar zu machen, sei hier kurz eine Stromgrenze beschrieben, welche die Expedition zwischen Sansibar und Kap Guardafui überschritt, und die allerdings zu den unzweideutigsten Erscheinungen, welche wir während der ganzen Reise überhaupt getroffen haben, gerechnet werden muss. Die blosse Nebeneinanderstellung der die zwei verschiedenen Wasserbewegungen charakterisierenden Faktoren wird genügen.

Indischer Ozean, westlicher Teil; am 23. März 1899. Stromgrenze, gekennzeichnet schon äusserlich durch Kabelungen, in $2^1/_2{}^0$ südl. Br. und 41° östl. L.

Südlich von der Stromgrenze.	Nördlich von der Stromgrenze.
1. Ausläufer des Südäquatorialstromes, nach NO mit einer Geschwindigkeit von 2.4 Seemeilen in der Stunde fliessend. (Südhemisphärisches Wasser.)	1. Trift des NO-Monsuns, nach SW mit einer Geschwindigkeit von 2.2 Seemeilen in der Stunde fliessend. (Nordhemisphärisches Wasser.)
2. Wassertemperatur stets hoch, 28° bis 28.8° C. (t°).	2. Wassertemperatur plötzlich bei der Fahrt von SW nach NO heruntergehend auf 27.1°, 26.4° und 25.8° C. (t°).
3. Wasserfarbe tiefblau, nach der Forel-Skala = 1.	3. Wasserfarbe grünblau bis graublau verfärbt, Forel-Skala = 3—5.
4. Durchsichtigkeit des Wassers (für die kleine weisse Scheibe) 45 *m*.	4. Durchsichtigkeit des Wassers nur 15 *m*.
5. Spezifisches Gewicht des Wassers $S\frac{t^0}{17.5^0} = 1.02420$ im Mittel, $S\frac{17.5^0}{17.5^0} = 1.02700$ im Mittel.	5. Spezifisches Gewicht des Wassers $S\frac{t^0}{17.5^0} = 1.02514$ im Mittel, $S\frac{17.5^0}{17.5^0} = 1.02740$ und höher.

Dazu kamen durchgreifende Veränderungen in der Zusammensetzung des Planktons u. a. m.; die Veränderungen in den chemischen Faktoren können erst später mitgeteilt werden. —

Der Chemiker der Expedition hat gerade im nördlichen Teile des Indischen Ozeans eine grosse Zahl von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen entnommen, und zwar meist mit dem Pettersson'schen Apparate, dessen Isolierung übrigens in den Tropen bei Tiefen von etwa 500 *m* und darüber nicht mehr ganz ausreicht; die Temperatur der isolierten und heraufgebrachten Wassermenge war meist um 1 bis 2° C. gestiegen, doch beeinträchtigt dies natürlich die Brauchbarkeit des Apparates für

Gasbestimmungen nicht. Sämtliche seitens der Wiener Akademie der Expedition überlassenen »Pola«-Flaschen sowie eine grössere Reihe evakuierter Glasröhren sind mit Wasserproben gefüllt. Wenn diese Proben analysiert sein werden, dann werden auch die spezifischen Gewichte der zwischen Oberfläche und Meeresboden gelegenen Wasserschichten für viele Stationen pyknometrisch bestimmt sein. Vorläufig hat der Berichterstatter sich in der Hauptsache auf die aräometrische Messung der spezifischen Schwere des Oberflächen- und Grundwassers beschränken müssen und dabei gerade im Bereiche des tropischen Indischen Ozeanes manche Lücke unserer Kenntnis ausfüllen können; der Reiseweg von Ceylon über Diego Garcia, Seychellen, Sansibar nach Kap Guardafui führte durch ein in dieser Beziehung bisher fast ganz unerforschtes Gebiet.«

Bei der grossen Wichtigkeit der von der Expedition ausgeführten Tiefsee-Lotungen folgt hier das von Dr. Schott a. a. O. mitgeteilte Verzeichnis sämtlicher ausgeführter Lotungen mit Fortlassung der dazu gegebenen Bemerkungen.

Verzeichnis sämtlicher während der Expedition ausgeführten Tiefsee-Lotungen.

Lotung No.	Station No.	Datum 1898	Breite N.	Länge W.	Tiefe *m*	Bodentemperatur °C.
			Hamburg — Kamerun.			
1	4	6. 8.	60° 42′	3° 10.8′	486	5.9
2	6	7. 8.	60 40	5 35.5	652	—
3	7	7. 8.	60 37	5 42	588	1.8
4	8	8. 8.	59 54	8 7	547	8.4
5	10	8. 8.	59 37	8 50	1326	5.4
6	11	9. 8.	58 36.6	11 33	1750	3.7
7	17	17. 8.	36 53.4	14 13	1778	6.6
8	18	17. 8.	36 48	14 10.1	158?	—
9	18a	17. 8.	36 48	14 10	530?	—
10	19	17. 8	36 41.2	14 8.4	342	—
11	20	17. 8.	36 40.1	14 8	1050	—
12	21	18. 8.	33 48.9	14 21.5	193	—
13	23	18. 8	33 47.5	14 17.5	964	—
14	24	18. 8.	33 47	14 20.7	168	—
15—18. Hier noch vier, unter 200 *m* bleibende andere Lotungen auf flachem Grund mit der Thomson'schen Patent-Lotmaschine.						
19	29	24. 8.	26 12.9	14 53.4	317	13.8
20 u. 21. Zwei Lotungen am 24. 8· $7^1/_2$ a. u. $9^1/_4$ a. mit der Thomson-Maschine, Tiefe etwa 240 bezw. 146 *m*.						
22	30	24. 8.	26 6.1	15 10.1	350	14.6
23	31	24. 8.	26 5.5	15 18.1	489	11.2
24	32	25. 8.	24 43.4	17 1.3	2480	3.5
25	37	29. 8.	16 14.1	22 38.3	1694	3.7
26	40	31. 8.	12 38.3	20 14.9	4792	—
27	41	2. 9.	8 58	16 27.9	1763	2.4
28	45	5. 9.	2 56 4	11 40.5	4990	0.4
			S.			
29	48	7. 9.	0 9 3	8 29 5	5695	1.9

30. Lotung vorher (Station 47 v. 7. 6. a. m.) misslang, da Grundberührung an der Le Blanc'schen Maschine nicht erkennbar wurde; es waren an die 8000 *m* Draht draussen, von denen 2000 *m* arg verknickt wieder heraufkamen.

Lotung No.	Station No.	Datum 1898	Breite N.	Länge O.	Tiefe m	Bodentemperatur °C.
31	53	10. 9.	1 14.2	2 10.0	3550	—
32	55	12. 9.	2 36.5	3 27.5	3513	2.4
33	56	13 9.	3 10	5 28	2278	3.3
34	58	14. 9.	3 31	7 25	710	5.3

Kamerun — Kapstadt.

35	63	26. 9.	2 0.0	8 4.3	2492	2.6
			S.			
36	67	30. 9.	5 6.2	9 58.6	3035	2.8
37	68	1. 10.	5 47.4	11 30.8	214	—
38	72	6. 10.	7 46.8	11 8.1	2338	—
39	75	10. 10.	16 24.8	11 8.9	2225	—
40	83	17. 10.	25 25.3	6 12.4	981	3.3
41	84	17. 10.	25 27.0	6 8.2	936	3.5
42	85	18. 10.	26 49.2	5 54.0	5040	0.8
43	87	20. 10.	30° 34.9′	6° 10.2′	5108	1.1
44	89	22. 10.	31 21.1	9 45.9	5283	0.9
45	90	25. 10.	33 20 3	15 58.2	3202	2.2
46	91	25. 10.	33 23.4	16 19.4	2670	—
47	92	26. 10.	33 41.2	18 0 3	178	—

Kapstadt — Agulhasbank — Kapstadt.

48	97	27. 10.	35 2	20 7	105	13.6
49	102	1. 11.	34 31.2	26 0.2	1930	3.9
50	103	2 11.	35 10.5	23 2.0	500	7.8
51	105	3. 11.	35 29	21 2.5	102	14.1
52	110	4. 11.	35 9	18 32.8	564	5.7
53	111	4. 11.	35 16.2	18 26.7	1516	2.4
54	112	4. 11.	35 32.8	18 20.1	2750	2.2
55	113	5. 11.	34 33 3	18 21.2	318	7.1

Kapstadt — Bouvet-Insel — Kerguelen.

56	115	14. 11.	36 23.4	17 38.1	4170	0.7
57	117	15. 11.	37 31.2	17 1.6	4953	0.4
58	118	17. 11.	40 31.0	15 6.5	2593	1.8
59	119	17. 11.	41 5.0	14 51.6	5230	0.7
60	120	18. 11.	42 17.7	14 1.0	4594	0.4
61	121	19. 11.	43 51.7	13 6.4	5417	0.4
62	122	20. 11.	46 2.1	11 34.7	4788	0.4
63	123	22. 11.	49 7.5	8 40.7	4418	0.4
64	124	23. 11.	50 57.4	7 39.5	3584	—
65	125	24. 11.	53 30.8	6 14.0	2268	0.6
66	126	25. 11.	54 22.3	4 37.2	3458	0.0
67	127	25. 11.	54 29.3	3 43	567	—
68	128	26. 11.	54 29.8	3 30.7	439	1.0
69	129	27. 11.	53 49 3	3 57	1849	0.4
70	130	27. 11.	53 51.5	4 6	2321	0.2
71	131	28. 11.	54 28.7	3 30.0	457	1.1
72	132	29. 11.	55 20.5	5 15.8	3080	—0.3
73	133	30. 11.	56 29.3	7 25.4	5044	—

Lotung No.	Station No.	Datum 1898	Breite S.	Länge O.	Tiefe m	Bodentemperatur ° C.
74	134	1. 12.	56 15.9	10 53.4	5519	—0.5
75	135	2. 12.	56 30.1	14 29.2	5093	—
76	138	4. 12.	55 26.2	18 1.8	4090	—0.2
77	140	5. 12.	54 54.2	22 13.2	4036	+0.5
78	141	6. 12.	54 46.0	26 39.9	4605	—0.3
79	142	7. 12.	55 27.1	28 58.8	5532	—0.4
80	143	8. 12.	56 43.8	32 6.0	5506	—0.4
81	144	9. 12.	58 5.4	35 53.7	5733	—0.4
82	145	10. 12.	59 16.3	40 13.7	5450	—0.3
83	146	11. 12.	58 52.6	43 0 9	5422	—
84	147	12. 12.	59 1.2	47 38.3	5508	+0.1
85	148	13. 12.	60 11.4	49 48.3	5567	—0.2
86	149	15. 12.	62 26.6	53 21.6	5175	—0.2
87	150	16. 12.	64 9.1	53 11.7	4647	—0.4
88	152	17. 12.	63 16.5	57 51.1	4636	—0.5
89	153	18. 12.	62 32.3	58 40.1	2750	—
90	154	19. 12.	61 45.2	61 15.9	3548	—0.1
91	155	21. 12.	58° 55.1′	64° 49.1′	4622	—0 2
92	156	22. 12.	56 18.5	66 47.6	2388	+1.1
93	157	23. 12.	54 33.2	67 52 3	4919	—
94	158	24. 12.	52 47.5	69 13	3923	0.2
95	159	24. 12.	51 49.7	69 48.1	2015	1.7

Kerguelen — Padang.

Lotung No.	Station No.	Datum 1899	Breite S.	Länge O.	Tiefe m	Bodentemperatur ° C.
96	162	1. 1.	43 44.6	75 33.7	3434	1.4
97	163	2. 1.	41 5.8	76 23.5	3295	1.4
98	164	3. 1.	38 41.2	77 36.2	158	12.8
99	165	3. 1.	38 40	77 38.6	672	9.9
100	166	4. 1.	37 45.2	77 34.3	1463	3.2
101	167	4. 1.	37 47	77 33.7	496	10.6
102	168	5. 1.	36 14.3	78 45.5	2414	2.1
103	169	6. 1.	34 13.6	80 30.9	3109	1.7
104	170	7. 1.	32 53.9	83 1.6	3548	1.4
105	171	8. 1.	31 46.4	84 55.7	3509	1.4
106	172	9. 1.	30 6.7	87 50.4	2068	2.4
107	173	10. 1.	29 6.2	89 39	3765	1.1
108	174	11. 1.	27 58.1	91 40.2	4526	1.1
109	175	12. 1.	26 3.6	93 43.7	4709	1.2
110	176	13. 1.	24 0.3	95 7.7	5364	0.3
111	177	14. 1.	21 14.2	96 9.6	5033	1.2
112	178	15. 1.	18 17.6	96 19.8	5911	—
113	179	16. 1.	15 8.1	96 20.3	5834	1.3
114	181	17. 1.	12 6.8	96 44.4	2154	—
115	183	19. 1.	8 14.0	98 21.6	5248	—
116	184	20. 1.	6 54.1	99 27.5	4883	1.1
117	185	21. 1.	3 41.3	100 59.5	614	8.7
118	186	21. 1.	3 22.1	101 11.5	903	6.6
119	187	22. 1.	2 11.8	100 27.1	1671	5.9

Lotung No	Station No.	Datum 1899	Breite S.	Länge O.	Tiefe m	Bodentemperatur °C.
Padang — Colombo.						
120	189	30. 1.	0 57.5	99 51.1	768	7.3
121	190	30. 1.	0 58.2	99 43.2	1280	5.9
122	191	31. 1.	0 39.2	98 52 3	750	7.1
123	192	31. 1.	0 43.2	97 33.8	371	11.0
			N.			
124	193	1. 2.	0 30.2	97 59.7	132	23.5
125	194	1. 2.	0 15.2	98 8.8	614	10.2
126	195	1. 2.	0 30.5	98 14.2	594	10.3
127	196	1. 2.	0 27.3	98 7.4	646	—
128	197	2. 2.	0 23.0	97 57	267	—
129	198	2. 2.	0 16.5	98 7.5	677	—
130	199	2. 2.	0 15.5	98 4.0	470	10.3
131	200	3. 2.	0 46.2	96 23.2	5214	1.2
132	201	3. 2.	1 13.7	96 43.8	3127	1.9
133	202	4. 2.	1 48.1	97 6.0	141	16.0
134	203	4. 2.	1 47.1	96 58.7	660	9.1
135	204	4. 2.	1 52.3	97 1.6	84	27 0
136	205	4. 2.	1 48.9	96 53.0	1143	6.1
			N.			
137	206	5. 2.	2° 12.3′	95° 41.3′	1494	4.4
138	207	6. 2.	5 23.2	94 48.1	1024	—
139	208	7. 2.	6 54.0	93 28.8	296	11.4
140	209	7. 2.	6 56.3	93 32.7	362	10.3
141	210	7. 2.	6 53.1	93 33.5	752	8.2
142	211	8. 2.	7 48.8	93 7.6	805	7.1
143	212	8. 2.	7 49.1	93 10.5	302	11.1
144	213	9. 2.	7 57.9	91 47.2	3974	1.2
145	214	10. 2.	7 43.2	88 44.9	3692	1.2
Colombo — Dar-es-Salâm, über Chagos-Inseln und Seychellen.						
146	216	16. 2.	6 59.1	79 31.7	1287	5.0
147	217	17. 2.	4 56.0	78 15.3	4454	—
148	218	18. 2.	2 29.9	76 47	4133	1.4
			S.			
149	219	20. 2.	0 2.3	73 24	2253	2.3
150	220	21. 2.	1 57.0	73 19.1	2919	1.8
151	221	22. 2.	4 5.3	73 24.8	2926	1.8
152	222	22. 2.	4 31	73 19.7	2524	2 1
153	223	23. 2.	6 19.3	73 18.9	3396	1.7
154	225	26. 2.	6 38.5	70 58.1	2127	2.4
155	226	27. 2.	4 5 8	70 1.9	4129	1.4
156	227	28. 2.	2 56.6	67 59	2743	2.0
157	228	1. 3.	2 38.7	65 59.2	3460	1.8
158	229	2. 3.	2 38.9	63 37.9	4599	1.8
159	235	9. 3.	4 34.8	53 42.8	2377	2.1
160	237	11. 3.	4 45	48 58 6	5071	1.2
161	240	14. 3.	6 12.9	41 17 3	2959	2.0
162	242	20. 3.	6 34 8	39 35.5	404	11.1

Lotung No.	Station No.	Datum 1899	Breite S.	Länge O.	Tiefe m	Bodentemperatur °C.
			Dar-es-Salâm bis Aden.			
163	245	22. 3.	5 27.9	39 18.8	463	10.0
164	246	22 3.	5 24.0	39 19.8	818	8.0
165	247	23. 3.	3 38.8	40 16.0	863	7.2
166	248	23. 3.	3 17.3	40 42.7	417	11.5
167	249	23. 3.	3 7.0	40 45.8	748	8.4
168	250	24. 3.	1 47.8	41 58.8	1668	3.8
169	251	24. 3.	1 40.6	41 47.1	693	9.0
170	252	25. 3.	0 24 5	42 49.4	1019	—
171	253	25. 3.	0 27.4	42 47.3	638	9.6
172	254	25. 3.	0 29.3	42 47.6	977	8.0
			N.			
173	256	27. 3.	1 49 0	45 29.5	1134	7.6
174	257	27. 3.	1 48.2	45 42.5	1644	4.6
175	258	28. 3.	2 58.5	46 50.8	1362	6.0
176	259	28. 3.	2 58.8	47 6.1	1289	6.3
177	260	29. 3.	4 33.5	48 23.1	301	15.0
178	261	29. 3.	4 36.1	48 37.6	1213	6.7
179	262	29. 3.	4 40.8	48 39.6	1242	6.6
180	263	29. 3.	4 41.9	48 38.9	823	—
181	264	30. 3.	6 18.8	49 32.5	1079	8.2
182	265	30. 3.	6 24.1	49 31.6	628	10.0
183	266	30. 3.	6 44 2	49 43.8	741	9.2
184	268	1. 4.	9 6.1	53 41.2	5064	1.2
185	270	4. 4.	13 1.0	47 10.9	1840	3.7
186	271	4. 4.	13 2.8	46 41.6	1469	6.1

Am 25. November gelang der Expedition die Wiederauffindung der Bouvet-Insel. W. Sachse, Navigationsoffizier an Bord der »Valdivia«, berichtet darüber folgendes[1]):

»Eine steile, wilde Felseninsel war es, die vor uns lag. Schroff erhoben sich die starren schneebedeckten Felswände, an denen die schäumenden Wogen des Ozeanes hoch emporbrandeten, während sich die höhern Gebirgszüge in den Wolken verloren. So war der erste Anblick, den wir von dem ersehnten Lande erhielten.

Da die Lage dieser Insel keiner der angegebenen Positionen entsprach, so wurde zu Ehren des ersten Entdeckers der Bouvet-Gruppe der Name »Bouvet-Insel« beibehalten.

Bei unserer Ankunft wehte ein leichter Nordweststurm mit heftigen Schneeböen, und daher trieb »Valdivia« in der Nacht vom 25. zum 26. November 1898 im Leeschutz der Bouvet-Insel. Am nächsten Morgen hatte der Sturm etwas nachgelassen, die Wolken, welche bis jetzt die höhern Teile der Insel unsern Blicken neidisch verhüllt hatten, lüfteten sich und liessen uns kurze Zeit die sämtlichen Umrisse derselben klar erkennen.

Die Insel besteht, so zu sagen, aus einem einzigen Berge, der im Profile den unverkennbaren Charakter eines Vulkans trägt. Sanft neigt sich derselbe bis zu den schroffen Felswänden der Küste herab, während die Spitze, kegelförmig abgeschnitten und scharf gezackt, den Rand eines Kraters mit Bestimmtheit vermuten lässt. Ferner spricht für die vulkanische Natur der Insel der steile Abfall ins Meer und die Gesteinsproben, die wir aus 457 *m* Tiefe mit dem Grundnetze (Trawl) an die Oberfläche brachten, und die aus Tuff, sowie aus feinkörnigem Basalte bestanden.

---

[1]) Ann. d. Hydrographie 1899. p. 276.

Das Land war bis zu den jäh abfallenden, 124 *m* hohen Felswänden vollständig mit Schnee bedeckt, mächtige Gletscher senkten sich ins Meer hinab und vervollkommten das Bild einer antarktischen Landschaft. Wir näherten uns der Insel bis auf zwei Seemeilen, konnten aber, selbst mit bewaffneten Augen, nicht irgend eine Spur von Vegetation erkennen, entgegen den Angaben Bouvet's und Lindsay's, welche Bäume gesehen haben wollten. Kein lebendes Wesen war an Land zu entdecken mit Ausnahme einiger Seevögel, die aber auch fern von Land den Schiffen folgen. Besonders zahlreich war das Auftreten der Kaptaube (Daption capensis) und des weissen Sturmvogels (Pagodroma nivea), dem sichern Verkünder des nahen Packeises, und nicht unwahrscheinlich war es, dass hier die Brutplätze dieser Vögel sich befanden.«

9. Quellen und Höhlen.

Der Einfluss der Wälder auf die Quellen und unterirdischen Wassermassen ist von P. Ototzky studiert worden[1]). A. Müttrich giebt von dieser Arbeit eine lichtvolle Analyse[2]), der das Nachstehende entnommen ist:

»Bei Gelegenheit einer im Jahre 1891 unternommenen hydrologischen Exkursion in den Besitzungen des Grafen Woronzoff beobachtete Ototzky, dass in einer grössern Anzahl von Bohrlöchern im Walde kein Wasser gefunden wurde, wenn sich auch in dem umgebenden Freilande bei geologisch gleichen Bodenschichten wasserreiche Brunnen und Quellen befanden, und schloss daraus, dass der Wald den Boden austrocknen müsse. Zwei Jahre später konstatierte er von neuem die schon früher von ihm beobachtete Armut der Wälder an Quellen, sowie auch, dass der Wald nicht nur weniger reich an unterirdischem Wasser ist als die benachbarten Steppen, sondern dass auch sein Niveau im Walde tiefer liegt als ausserhalb desselben.

Um diese Resultate weiter zu begründen, wurde 1895 eine spezielle hydrologische Expedition in die Steppenwälder der Gouvernements Woronesch, Cherson und Saratow unternommen, von denen der Chipoff'sche Wald (Gouv. Woronesch) und der Schwarze Wald (Gouv. Cherson) ganz besonders eingehend in Bezug auf ihre Wasserverhältnisse untersucht wurden. Der Chipoff'sche Wald, der für die im O und SO der russischen Steppen vorhandenen Verhältnisse als typisch angesehen werden kann, besteht aus 60—80jährigem Laubholze und hat im allgemeinen dieselben Bodenschichten wie die benachbarten Steppen: roten Moränenthon mit Kieseln und einer eingelagerten dünnen Sandschicht, grauen tertiären Sand, dann wieder kompakten tertiären Thon, darunter graue phosphatführende Sande und endlich Kreide. In der Steppe findet sich in allen Sand- und oft auch in den untern Thonschichten in drei verschiedenen Tiefen Wasser, und zwar in geringer Menge in dem Moränenthone, sehr

---

[1]) Annales de la Science agronomique française et étrangère **2**. Paris 189*.

[2]) Meteorol. Zeitschr. 1898. Litteraturbericht p. (70).

reichlich in dem tertiären Sande und endlich oberhalb der Kreide. In den Wäldern fehlt das Wasser in der ersten Tiefe vollständig, in der zweiten findet es sich, wenn es überhaupt vorhanden ist, nur in geringer Menge, und ob es in der dritten Tiefe vorkommt, konnte nicht entschieden werden, weil die Bohrlöcher nicht so weit herabreichten.

Beim Vergleiche von Wald und Steppe fällt zunächst auf, dass im Walde nicht nur die Anzahl der Quellen bedeutend kleiner ist als in den Steppen, sondern dass auch von den 24 Brunnen, welche sich teils im Walde, teils an seinen Rändern befinden, nur drei im Walde unter den Bäumen liegen, während sich alle andern ausserhalb des Waldes, oft nur wenige Meter von ihm entfernt befinden. Diese Thatsachen widersprechen der allgemein üblichen Annahme, dass der Wald die Bodenwässer aufspeichere, eine Annahme, die zum Teil dadurch hervorgerufen sein dürfte, dass sich die Regenwasser infolge des Schattens der Bäume, der geringern Luftbewegung, und einer gewissen Undurchdringlichkeit der Bodenoberfläche, im Walde länger erhalten und an geeigneten Örtlichkeiten sogar Teiche bilden, die, ohne dass sie durch Quellen gespeist werden, den Sommer über nicht austrocknen.

Um einen direkten Beweis für die Armut des Waldes an Bodenwasser zu führen, bestimmte Ototzky in verschiedenen Reihen von Bohrlöchern, die vom unbewaldeten Terrain aus über die Grenze des Waldes bis in sein Inneres angelegt wurden, die Reichhaltigkeit und Tiefe der unterirdischen Wasserschichten. Dabei waren die einzelnen Bohrlöcher jeder Reihe so angelegt, dass sie in Beziehung auf Höhenlage und ihre geologischen Verhältnisse möglichst gleichartig waren. Um aber auch den Einfluss verschiedener Verhältnisse zu bestimmen, wurde für einzelne Reihen von Bohrlöchern ein steigender, für andere ein fallender Abhang und wieder für andere ein horizontales Terrain ausgewählt. In einigen Fällen fand die Untersuchung unter alten, in andern unter jungen Bäumen statt.

Im Chipoff'schen Walde wurden vier Reihen von Bohrlöchern angelegt. Trotz der gleichen geologischen Verhältnisse: Tschernosem (Schwarzerde), unter dem gewöhnlicher brauner oder roter Thon, zuweilen mit Eisen- und Kalkkonkretionen lagerte, zeigte sich bei allen vier Reihen im Walde eine starke Erniedrigung des Wasserniveaus. So fand sich z. B. bei der zweiten Reihe auf einem horizontalen Terrain in einem Brunnen auf der Steppe, 43 *m* vom Rande eines jungen Bestandes mit Überhältern das Wasser in einer Tiefe von 5 *m*; 80 *m* von ihm entfernt zeigte es sich in einem Bohrloche mitten im jungen Bestande bei 10.68 *m* Tiefe, und 197 *m* von diesem Bohrloche trat das Wasser im alten Waldbestande unter den Kronen der Bäume erst in 15 *m* Tiefe ein. Derartige Erniedrigungen des Wasserniveaus im Walde zeigen auch die andern Reihen. Ausserdem ist aber aus ihnen auch ersichtlich, dass diese Unterschiede im Wasserniveau oft in kurzen Entfernungen vorhanden sind. So enthielt die

dritte Reihe bei gleichen geologischen Verhältnissen zwei Bohrlöcher von 0.29 *m* Höhenunterschied, von denen das erste innerhalb eines alten Bestandes und das andere ausserhalb des Waldes 16 *m* von seinem Rande liegt, und bei denen das Wasserniveau im Walde um 7.78 *m* tiefer lag als ausserhalb. Bemerkenswert war auch in diesem Falle, dass von den Sandschichten, welche in beiden Bohrlöchern in der Tiefe von 7 *m* lagerten, die im Walde trocken, und die in der Steppe mit Wasser gesättigt war.

Von ganz besonderer Wichtigkeit sind die Untersuchungen im Schwarzen Walde (Gouv. Cherson, Distrikt Alexandria, 48° 20′ nördl. Br. und 30° 18′ östl. L. v. Gr.), welcher am südlichen Rande der Gegend liegt, die in Russland die »Waldsteppe« genannt wird. Sie bildet eine horizontale, von Schluchten durchzogene Ebene, auf welcher sich die Wasserscheide für zwei verschiedene Flusssysteme befindet. Die Reihenfolge der geologischen Schichten ist hier im allgemeinen folgende: Löss, unter diesem kompakterer brauner Thon 14—17 *m*; thoniger, grauer Sand, sehr kompakt, von Braunkohlenadern durchzogen 0.70 *m*; gelber Sand 0.45—0.70 *m*; sehr erdige Braunkohle 0.07—0.10 *m*; weisser oder ockerartiger Sand mit Kaolin-Mandeln 17 *m*. An der Basis aller dieser Schichten findet man Granit-Gneis.

Die hydrologischen Verhältnisse sind hier einfach. Die erste Wasserschicht befindet sich immer zwischen dem Löss und dem braunen Thon, sie ist nicht sehr reichlich und wird durch die Regen der Steppe gespeist. Die zweite und letzte Wasserschicht liegt in den Sanden, welche den Granit bedecken, und spielt in diesen Gegenden wegen ihres Wasserreichtums und wegen ihrer grossen Ausdehnung die Hauptrolle.

In dem Schwarzen Walde finden sich die in dem Chipoff'schen Walde beobachteten Thatsachen bestätigt, nämlich, dass er ärmer an Quellen ist als die benachbarten Steppen, und dass die Brunnen ihrer grössten Zahl nach ausserhalb des Waldes liegen. Zur Bestimmung des Wasserniveaus wurden im Schwarzen Walde fünf verschiedene Reihen von Bohrlöchern angelegt, und bei allen ergab sich wieder dasselbe Resultat wie früher, dass bei gleichen geologischen Verhältnissen das Wasserniveau unter den Bäumen des Waldes tiefer liegt als in der Steppe. Ausserdem bot sich hier Gelegenheit, eine Reihe von vier aufeinanderfolgenden Bohrlöchern anzulegen, von denen das erste in der Steppe, das zweite in einer Waldschlucht mit 25jährigem Bestande, das dritte wieder in der Steppe und das vierte in einem geschlossenen Walde mittlern Alters zu liegen kam. Die an diesen vier Stellen erhaltenen Wasserniveaus bildeten, wie nach den bisherigen Resultaten auch zu erwarten war, eine gebrochene Linie, deren tiefste Punkte immer unter dem Walde lagen.

Von besonderem Interesse war auch eine Reihe von Bohrlöchern, welche ein ungefähr im Zentrum des Waldes liegendes Feld von 1 *qkm* durchschnitt. Das beinahe horizontal verlaufende Feld war

im NO von altem und im SW von jungem Walde begrenzt und enthielt zwei Brunnen, den ersten 55 *m* vom jungen Walde, den zweiten mehr nach dem Zentrum hin, 114 *m* vom ersten Brunnen und 100 *m* vom nächsten Punkte des Waldes entfernt. In der Richtung dieser beiden Brunnen wurden zwei Bohrlöcher gemacht, das eine im jungen Bestande 30 *m* von seinem Rande und das andere im alten Bestande 40 *m* von seinem Rande unter alten Eichen. Die Niveaukurve des Wasserstandes liegt auf diesen vier Stellen am höchsten im Zentrum des Feldes, sinkt von hier nach beiden Seiten, wenn man sich dem Walde nähert, und zwar so, dass sie im alten Bestande tiefer liegt als im jungen.

Schliesslich bemerkt Ototzky noch, dass schon im Jahre 1891 vergleichende Beobachtungen über die Feuchtigkeit des Bodens in dem Schwarzen Walde von Bliznin[1]) angestellt sind. Drei verschiedene Aufnahmen bis 1.50 *m* Tiefe haben dabei an einem Punkte im Innern des Waldes, 108 *m* von seinem Rande und an einem Punkte auf horizontalem und normalem Terrain ausserhalb des Waldes, 135 *m* von seinem Rande, als Resultat ergeben, dass die obern Schichten des Waldbodens feuchter sind als die von kultivierten Feldern, und dass die untern Schichten trockner sind. Die beiden Orte, an denen die Beobachtungen gemacht wurden, waren nach der Angabe von Bliznin so gewählt, dass der Unterschied der Feuchtigkeit lediglich dem Einflusse der Vegetation zugeschrieben werden konnte. Die dabei erhaltenen Zahlenwerte waren:

	Grad der Feuchtigkeit					
	im 80jährigen Walde			auf Getreidefeld		
Tiefe	17. Mai	22. Juni	23. Juli	17. Mai	22. Juni	23. Juli
von 0.0—0.3 *m* . .	17.2	14.4	17.5	10.3	10.4	19.9
» 0.3—0.6 » . .	17.5	13.8	13.0	15.6	11.7	18.3
» 0.6—0.9 » . .	18.4	14.6	11.6	16.2	12.3	12.2
» 0.9—1.2 » . .	18.5	14.6	11.1	16.2	13.5	11.1
» 1.2—1.5 » . .	15.5	14.4	11.8	17.1	15.4	12.9

Aus allen von Ototzky angestellten Beobachtungen zieht derselbe den Schluss, dass das Wasserniveau in allen Fällen ohne Ausnahme bei der Annäherung an den Wald sinkt, und zwar in einzelnen Fällen sehr bedeutend, wie in dem Chipoff'schen Walde an einer Stelle auf 190 *m* um 10.96 *m* und an einer andern Stelle sogar auf 32 *m* um 10 *m*. Dasselbe ist auch für den Schwarzen Wald bewiesen, wo an einer Stelle das Wasserniveau auf 200 *m* nur um 4.95 *m* fällt und an einer andern auf 114 *m* um 10.78 *m*.

Interessant ist noch, dass die Depression des Wasserniveaus unter alten Bäumen grösser ist als unter jungen. Im letzten Falle betrug die Erniedrigung auf 80 *m* nur 1.57 *m*.«

Die Sibyllenhöhle auf der Teck bei Kirchheim in Württemberg ist von E. Fraas untersucht (und paläontologisch ausgeräumt)

---

[1]) Travail de M. Bliznin sur l'humidité du sol dans la forêt et dans les champs. 1892. Bulletin météorologique, No. 7. p. 269—273.

worden[1]). Der Eingang dieser Höhle befindet sich unter dem Aussichtspunkte auf der Teck am Fusse einer senkrechten Felswand. Sie zieht sich 36 *m* tief in den Berg, und ihr Ursprung ist der Auslaugung durch das Wasser in den massigen Felskalken des weissen Jura zuzuschreiben.

Die »neue« Grotte in Adelsberg. Im Jahr 1891 wurde in der altbekannten grossen Höhle ein neuer Seitenzweig entdeckt. Derselbe ist bis jetzt noch wenig besucht worden, da es etwas schwierig ist, zu demselben zu gelangen, obgleich er in Bezug auf Menge und Schönheit seiner Tropfsteingebilde alles Ähnliche übertreffen soll. Friedrich Müller hat diese Höhle 1899 besucht und geschildert[2]). Hiernach sind die Tropfsteinbildungen in der Höhle allerdings unvergleichlich.

»Der Boden, die Wände und die Decke sind schneeweiss. Von letzterer hängen Tausende und Abertausende dunkler gefärbte, kurze Stalaktiten herab. Es macht dies den Eindruck, als sei es ein zu Stein erstarrter Regen. Die Wände schmücken wundersam geformte Draperien, häufig mit rötlichen Streifen durchzogen, die von dem in der Erdschicht enthaltenen Eisenoxyd herrühren, welches die durch den Berg sickernden Wassertropfen mit sich führen. Auf den gegen die Seitenwände hinaufziehenden Abhängen stehen, gleich Wächtern, schlanke, bis 2 *m* hohe, weisse Säulen in ungezählter Menge. Am Boden blitzt und gleisst es wie aus Millionen Edelsteinen. Drusenartige, metertiefe Vertiefungen sind ganz auskrystallisiert mit weiss und rötlich angehauchten Rhomboedern. Nach starken Niederschlägen sind diese natürlichen Schalen mit dem klarsten Wasser angefüllt, dessen Vorhandensein man erst gewahrt, wenn unwillkürlich der Fuss dessen Fläche streift. Alles glitzert und leuchtet selbst bei dem schwachen Scheine der Kerzen oder Grubenlichter. Strahlt aber das Magnesium sein herrliches, weisses Licht aus, dann blitzen auch aus dem fernen Halbdunkel feurige Scheine. Besonders im mittlern Teile der 400 *m* langen Grotte umweht uns der ganze unsagbare Reiz einer noch jungfräulichen Tropfsteingrotte, die nicht durch Fackeldampf geschwärzt oder durch Vandalenhände zerstört ist. Wir befinden uns inmitten prachtvoll geformter Säulenstalagmiten von grösserem Umfange, welche schneeweiss oder rötlich schimmern und mit kunstvollen Kannelierungen verziert sind. Ein leichter Schlag an eine der freistehenden Säulen erweckt einen dumpfen, melodischen Ton, welcher weihevoll, wie klagender Harfenton die Totenstille dieser märchenhaft schönen Halle durchzittert.

Endlich haben wir uns durch das Chaos durchgewunden, der Boden der Grotte verflacht sich, und bald stehen wir vor einem Trümmerberge, einem Einsturze, welcher den weitern Gang versperrt, und sind am Ende angelangt.

Es erscheint nicht ausgeschlossen, dass die Poik, welche einstmals die Adelsberger Grotten durchströmt und ausgewaschen hat, hier und in der etwas tiefer liegenden Grotte ihren Abfluss nach Plania zu fand, ehe sie ihr jetziges, tiefer liegendes unterirdisches Bett ausgenagt hatte. Der Eingang in die Hauptgrotte hat die Höhencote von 531.7 *m*, der Endpunkt der »Neuen Grotte« 520.6 *m*, es besteht also ein Gefälle von 11.1 *m*. Der Umstand, dass die untere Grotte, soweit sie vermessen wurde, ansteigt, dürfte belanglos sein, da der Boden dieses Ganges eine ungeheure, teils übersinterte, teils nicht übersinterte Lehmschicht bildet, weshalb die erhaltenen

[1]) Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. 51. 1899. p. 75 u. ff.
[2]) Mittl. des deutschen und österreichischen Alpenvereins 1899. Nr. 20.

Höhencoten nicht den eigentlichen Felsboden des einstigen Poikbettes darstellen, während anderseits der tiefste Punkt in dem noch nicht vermessenen Doppeldome wieder bedeutend tiefer liegt als die vermessene Endcote (519.1 *m*).

Ist diese Annahme richtig, so werden die »Neue Grotte« und die untere (Bauchkracher Grotte), die beide an Trümmerbergen enden, eine Fortsetzung haben, deren Auffindung ohne Zweifel in neue, trockene Tropfsteingrotten mit dem Charakter der »Neuen Grotte« führen.

Da die Absicht besteht, in den Trümmerberg am Ende der »Neuen Grotte« einen Stollen einzutreiben, so dürfte vielleicht bald ermittelt werden, ob die Vermutung von dem Vorhandensein weiterer Gallerien, durch welche Fluss der einst strömte, sich bewahrheiten wird.«

Eishöhlen. Prof. G. Crammer hat die in der Nähe von Wiener-Neustadt liegende, unter dem Namen »das Tablerloch«, bekannte Eishöhle einer sehr sorgfältigen Untersuchung unterzogen[1]) und zwar in Bezug auf Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt der Luft, Nebelbildung, Luftbewegung, Tropfwasser, Schneelage im Freien, im Trichter und in der Höhle, Eis- und Reifbildung in der Höhle und Struktur des Höhleneises. Ausser dem Tablerloch hat Prof. Crammer noch eine Anzahl anderer Höhlen, wenngleich nur gelegentlich, untersucht. Auf Grund seiner Studien fasst er die Ergebnisse seiner umfassenden und mühevollen Arbeit in eine Reihe allgemeiner Schlüsse zusammen, die hier folgen. Er sagt:

»Die von mir untersuchten Höhlen sind entweder kalte Höhlen (Gipsloch, Windloch), gewöhnliche Eishöhlen (Tablerloch, Eiskeller auf der Rax, Eishöhle im Brandstein bei der Langriedleralm, Eishöhle am Beilstein, Eisloch im Brandstein auf dem Hochschwab), Windröhren (Nixloch) oder Kombinationen von Windröhren mit Eishöhlen (Frauenmauer-Höhle mit der Eiskammer, Kolowratshöhle?). Eine ganz besondere Stellung nimmt die Seelucken als Teil einer Windröhre ein, die nur selten als solche thätig ist. Das Taubenloch ist eine kalte Höhle, in die eine Windröhre mündet.

Eine strikte Grenze zwischen kalten und Eishöhlen giebt es nicht. Den Übergang zwischen beiden bilden solche Höhlen, die nur in manchen Jahren eisfrei werden (Tablerloch). Eine Besonderheit sind die gekuppelten Eishöhlen, das sind zwei Eishöhlen die untereinander liegen und miteinander durch Schächte verbunden sind (Eishöhle im Brandstein bei der Langriedleralm, Eishöhle im Brandstein am Hochschwab).

Die Windröhren kommen entweder einzeln oder in Gesellschaft vor, so dass sie ein förmliches Netzwerk bilden, was hauptsächlich in Bergstürzen der Fall ist (Nixloch). Die Seelucken ist eine Windröhre, die sich gabelt. Von grosser Wichtigkeit ist, ob eine Windröhre durchaus nach einer Richtung fällt (Frauenmauer-Höhle) oder ob sie abwechselnd fällt und steigt. In dem ersten Falle zieht die Luft jederzeit, insbesondere bei starkem Falle der Röhre, leicht hin-

[1]) Abhandlgn. d. k. k. Geogr. Gesellschaft in Wien 1899. 1. p. 15 ff.

durch, in dem andern entsteht dort, wo die Röhre knieförmig nach abwärts gebogen ist, eine Ansammlung von kalter Luft, die den häufigen Luftdurchzug verhindert, weshalb sich in den sackartigen Biegungen der Höhle das im Winter gebildete Eis erhält (Seelucken).

Die Verbindung von Sackhöhlen mit Windröhren kann verschiedenartig sein.

Ist die Sackhöhle der Windröhre seitlich angehängt, so bezieht sie nur zur Zeit der Kälteperioden aus der Windröhre Luft; und wenn die Sackhöhle von dem untern Ende der Windröhre nicht zu weit entfernt ist, so dass die Luft nicht zu sehr erwärmt in den Sack fällt, so wird, wenn das nötige Sickerwasser vorhanden ist, der Sack zur Eishöhle (Eiskammer in der Frauenmauer).

Mündet eine Windröhre mit ihrem untern Ende an der Decke einer Sackhöhle, so leitet die Röhre nur in den Wärmeperioden Luft, und zwar warme Luft in den Sack, die aber, an der Decke bleibend und durch den Eingang der Sackhöhle ins Freie ziehend, auf die Temperatur des tiefer liegenden Sackteiles keinen Einfluss nimmt (Kolowratshöhle?).

Mündet endlich eine Windröhre mit ihrem untern Ende am Grunde einer Sackhöhle, dann durchzieht in den Wärmeperioden die aus der Röhre kommende warme Luft den ganzen Sack von unten nach oben gegen den Eingang der Sackhöhle und bringt das etwa darin im Winter gebildete Eis rasch zum Schmelzen (Taubenloch).

Für jede mit der Atmosphäre kommunizierende Höhle gilt, dass ihre Temperatur in erster Linie durch die Temperatur der Luft, die die Höhle längere Zeit durchzieht, bestimmt wird.

Ob nun nur kalte Winterluft oder nur warme Sommerluft, oder endlich abwechselnd kalte und warme Luft in die Höhle dringt, hängt lediglich von der Gestalt der Höhle ab.

Nach abwärts gerichtete, unten geschlossene Höhlen lassen nur kalte Luft eindringen. Solche Höhlen sind daher kalt und bergen häufig Eis. Diese Form habe ich bei allen besichtigten Eishöhlen angetroffen, und in keinem einzigen Falle habe ich mich bemüssigt gefunden, die niedrige Sommertemperatur und das Vorkommen des Eises auf eine andere Weise als im Tablerloch, nämlich durch die Sackform, zu erklären. Abweichungen fand ich nur darin, dass in manchen Eishöhlen (Beilsteinhöhle und Kolowratshöhle) nicht nur im Gestein, sondern auch in den grossen Eismassen sehr viel Winterkälte aufgestapelt war. Im Eiskeller auf der Rax bildete wieder der mächtige Schneekegel ein hervorragendes Kältereservoir. Die ungleichen Eismengen in den verschiedenen Höhlen sind lediglich Folgen der verschiedenen Tropfwasserverhältnisse.

In allen Eishöhlen, die ich während des Sommers oder Herbstes besucht habe, erkannte ich, dass das Eis in der warmen Jahreszeit nicht zuwächst, sondern abschmilzt. Die in der Beilsteinhöhle und im Eisloche im Brandstein auf dem Hochschwab gesehenen, sehr

geringfügigen Sommereisbildungen gehören ebenso zu den Ausnahmen, wie die für die Sommerszeit abnorm kalte Witterung, die diese Eisbildungen veranlasst hat.

Die Himmelsgegend, nach der die Höhlenmündung gerichtet ist, hat auf die Eiserhaltung und die Sommertemperatur keinen entscheidenden Einfluss, wie der Befund in der Beilsteinhöhle lehrt, weil die Sonnenstrahlen doch nur selten und nur kurze Zeit in die Höhle dringen. Doch ist eine nördliche Richtung zweifellos dem Eishöhlenphänomen günstig.

Wenngleich die Mehrzahl der Eishöhlen in grösserer Meereshöhe liegt, möchte ich trotzdem der Höhenlage — wenigstens innerhalb gewisser Grenzen nach oben und unten — keine besondere Wichtigkeit für das Eishöhlenphänomen zuerkennen, da in unsern Gegenden auch das Thalklima dem Phänomene günstig ist. Die Seltenheit tiefer liegender Eishöhlen erkläre ich dadurch, dass die Ausgänge der in den Bergsockeln liegenden Höhlen meist unter Verwitterungsschutt begraben sind, während sie in grössern Höhlen in freistehenden Felswänden liegen.

Nicht etwas Zufälliges erblicke ich in dem Vorkommen dreier Eishöhlen (Tablerloch, Eisloch im Brandstein auf dem Hochschwab, und auch die Seelucke gehört diesbezüglich hierher) genau an der obern Grenze von Schutthalden, wo sich diese an die Felswände anlegen. Der über der Höhle von der Bergwand gestürzte Schutt sammelte sich vor der Höhle an, kollerte zum Teil in die Höhle und schuf so die nach innen abfallende Sohle, wodurch die früher ein mehr oder weniger horizontal verlaufendes Ende besitzende Höhle in eine Eishöhle umgestaltet wurde, nachdem sie im Innern durch Einstürze oder Versinterungen einen Abschluss erhalten hatte.

Wächst die Schutthalde noch weiter in die Höhle, so verschliesst sie mit der Zeit den Höhleneingang vollständig. Der Lufteintritt — somit auch die Abkühlung von aussen — hört dann auf, und infolge der langsam vordringenden Erdwärme erhält die Höhle, beziehungsweise das sie umgebende Gestein nach einer Reihe von Jahren jene Temperatur, die ihm vermöge seines Abstandes von der Erdoberfläche zukommt. Eine kleine Störung in dem Verlaufe der Geoisothermen verbleibt zwar auch dann, weil die eingeschlossene Luft fortwährend die Wärme der Tiefe rasch nach oben befördert.

Wir haben gefunden, jede der untersuchten Eishöhlen hat zwar ihre besondere Eigentümlichkeit, aber dennoch gilt für jede ohne Ausnahme die Deluc-Thury'sche Theorie voll und ganz. Das Eis wird in allen diesen Höhlen im Winter und Frühjahr gebildet, weil zu diesen Zeiten entweder die kalte Aussenluft in die Höhle fällt oder die im Fels aufgespeicherte Winterkälte noch hinreicht, das fallende Tropfwasser zum Gefrieren zu bringen. In der warmen Jahreszeit steigt die Höhlentemperatur hauptsächlich infolge des Vordringens der Bodenwärme und vermöge der Tropfwasserwärme, wodurch Eis zum Schmelzen gebracht wird. Je nach den Schwankungen

des Klimas im Freien schwankt auch die Eismenge in den Höhlen von Jahr zu Jahr.

Nach aufwärts gerichtete, oben geschlossene Höhlen lassen nur warme Luft eindringen und besitzen daher relativ hohe Temperaturen.

Röhrenförmige, an beiden Enden offene Höhlen werden abwechselnd von kalter und warmer Luft durchzogen. Das Gestein solcher »Windröhren« genannten Höhlen wird, ebenso wie jenes der kalten Höhlen, im Winter abgekühlt, nur geht seine Temperatur im Sommer rasch in die Höhe, weil warme Luft die Höhle durchzieht. Da die eindringende Luft im Winter dem Fels Wärme entzieht, im Sommer an den Fels Wärme abgiebt, so ist es auch in den Windröhren, wie in den kalten und warmen Höhlen während der Kälteperioden wärmer und während der Wärmeperioden kälter als im Freien. Die Amplitude der jährlichen Temperaturschwankungen in den Windröhren steht hinsichtlich ihrer Grösse zwischen jener der kalten und warmen Höhlen einerseits und der Luft im Freien anderseits.«

10. Flüsse.

Der Elbstrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse bildet den Gegenstand einer im Auftrage der deutschen Elbuferstaaten verfassten Monographie[1]). An den Vorarbeiten haben sich alle die Staaten beteiligt, von denen Teile im Niederschlagsgebiete der Elbe und ihrer Nebenflüsse liegen. Es sind das Österreich (mit den Kronländern Böhmen, Mähren, Ober- und Nieder-Österreich), Preussen, Bayern, Sachsen, beide Mecklenburg, Weimar, Braunschweig, Meiningen, Altenburg, Coburg-Gotha, Anhalt, beide Schwarzburg, beide Reuss, Hamburg und Lübeck. Das Niederschlagsgebiet der Elbe (bis zur Mündung des Kaiser Wilhelm-Kanals bei Brunsbüttel) beträgt 144 055 *qkm* (gegen 118 611 der Oder, 160 023 des Rheines und 192 546 der Weichsel); davon liegen im Deutschen Reiche 93 216 *qkm*, das sind über 17 % von dessen Flächeninhalte. Von der Lauflänge der Elbe — 1112 *km* — fallen 414 *km*, wovon die untersten 106 *km* schiffbar, auf Österreich, 698 auf das Deutsche Reich. Das natürliche Überschwemmungsgebiet des Stromes beträgt im Deutschen Reiche 6095 *qkm*, das durch Deiche u. s. w. eingeschränkte immer noch 1528 *qkm*. Von dem Gesamtwasserstrassenverkehr des Jahres 1895 — 7500 Mill. Tonnenkilometer — leistete die Elbe (ohne Nebenflüsse) über 26 %, nämlich 1952 Mill. Tonnenkilometer.

Die Johnstonfälle in Zentralafrika. Ein grossartiger Wasserfall in Innerafrika wird von dem englischen Afrikareisenden Poulett Weatherley, der in der Gegend des Moero- und Tanganyikasees längere Zeit der Elephantenjagd obgelegen hat, in der »British

[1]) Berlin 1899 4 Bände u. Atlas.

Central-Afrika-Gazette« beschrieben. Die Erforschung des Wasserlaufes des Luapula, des Hauptquellflusses des Kongo, fand durch den Reisenden im Juni 1898 statt und führte zu der genauen Besichtigung der sogenannten Johnstonfälle. Von den Fällen giebt Weatherley eine eingehende Beschreibung. Man würde, so schreibt er, vergeblich versuchen, den grossartigen Charakter dieses Schauspieles der Phantasie vorzuspiegeln. Das umgebende Land bietet nichts Merkwürdiges, ganz anders aber der Fluss; seine Wasser erfüllen im Sturze die Luft mit einem betäubenden Lärme und entzücken das Auge durch ihre wunderbare Schönheit. Die Felsen haben auf die ganze Länge der Fälle das Aussehen eines roten Konglomerats, so sind sie von der Kraft der reissenden Gewässer zerspalten und zerstückelt. Am Fusse der Fälle bilden sie eine einheitliche Fläche, aber je weiter man die Stromschnellen aufwärts verfolgt, desto rauher, eckiger und zersprengter wird ihr Äusseres. Überall sieht man nur Felsen und immer wieder Felsen, über welche die Wasser hinstürzen, tobend, kochend und schäumend. Wenn der Zuschauer am Fusse eines der Fälle steht und über die ungeheuren Massen schneeigen Schaumes hinaufblickt, so erscheinen die Wasserstürze so schroff, dass man jeden Augenblick glaubt, von ihnen verschlungen zu werden. Man ist wie betäubt, wenn man von der Spitze eines Felsens aus rings um sich die rasenden Wasser vorüberschiessen sieht. Ein Mensch würde in einigen Metern Entfernung beim lautesten Rufen die menschliche Stimme nicht mehr vernehmen. Riesenhafte grüne Wogen erheben sich in die Luft, teilen sich und stürzen in schneeigen Wolken hernieder. Mitten in diesem Getöse sieht man hier und da ruhige Becken klaren Wassers, in dessen stiller Fläche sich die grossartigen Felsgruppen wie in einer glänzenden Eisfläche widerspiegeln, ein wunderbarer Gegensatz majestätischer Ruhe zu jenem ewig wechselnden Aufruhr. An einem bestimmten Teile seines Laufes angekommen, wendet sich der Fluss im rechten Winkel, und nun erreicht das Schauspiel seinen Höhepunkt: das Getöse ist schrecklich, der Fluss scheint von einer Raserei ergriffen zu sein über seine enge Gefangenschaft in dem schmalen Bette zwischen den felsigen Ufern, es scheint zuweilen, als ob sogar die Felsen von der Gewalt des Stromes erzittern. Hier ist das Flussbett wie ein enger Kanal in den Felsboden hineingeschnitten. Einige hundert Meter weiter unterhalb teilt es sich in Hunderte von getrennten Kanälen, die ebenso viele Wasserfälle bilden, zwischen denen die Felseninseln scheinbar ihren Halt kaum zu wahren vermögen. Jenseits dieser Stelle wird der Fluss dann wieder zu einem weiten ruhigen Wasserlaufe und bewahrt dieses friedliche Äussere bis zu seinem Eintritte in den Moerosee[1]).

Der Hwang-Ho ist vor kurzem von Oberingenieur Gaedertz gelegentlich einer Forschungsreise durch Schantung besucht und ein-

[1]) Umlauft's deutsche Rundschau f. Geographie u. Statistik **21.** p. **381.**

gehend besichtigt worden[1]). Der Strom wurde von dem Forscher an drei Stellen bei Tsi-Ho, Lo-Kou und Scha-Kou oder Hou-Kia-Ngan überschritten.

»Linksufrig,« sagt der Reisende in seinem Berichte, »ist der Strom von weit oberhalb her durch eine doppelte Deichreihe eingefasst, rechtsufrig erst von dem Tsi-Ho gegenüberliegenden Pei-Tien an abwärts. Unmittelbar oberhalb des Dorfes Pei-Tien reichen die Überschwemmungen oft bis 5 *km* weit ins Land hinein. Etwas weiter oberhalb säumt höheres Land den Fluss ein, und ein Deich ist somit hier nicht nötig.

Das Deichsystem muss vom hydrotechnischen Standpunkte aus als sorgfältig angelegt anerkannt werden. Bei plötzlichen Biegungen des Stromes und der dadurch hervorgerufenen Gefahr des Stauens sind grosse Erweiterungen ausgeführt. An vielen Stellen bildet die Grundlinie des Deiches eine Zickzacklinie, damit wenigstens in etwas die Wirkung deklinanter Buhnen erreichend. An gefährdeten Punkten sind grosse Buhnen angelegt, die trotz ihrer sorgsamen Herstellung an dem primitiven Materiale kranken und einer konstanten Unterhaltung bedürfen.

Die Deiche sind in der Krone 10 *m* breit und 5—8 *m* hoch, je nach der Lage des binnenseitigen Terrains. Auf dem Bankett und der Krone und teilweise auch an den Böschungen sind die Deiche mit grossen Weiden bestanden. Vom Strome aus gesehen, bietet sich somit häufig der Anblick eines Waldes dar.

Die Buhnen sind immer deklinant und unter etwa 30 % zum Strome gerichtet; sie bestehen aus einem Rahmen starker Pfähle mit Flechtwerk und sind nach dem Lande zu mit Bambusseilen verankert. Das Füllmaterial ist schichtenweise Lehmschlag mit Kauliang-Stroh. Der Fuss der Buhnen wird mit einem aus nur zu kleinen Steinen bestehenden Steinwurfe geschützt.

Die Angaben der Deichwächter waren als zuverlässige zu erkennen und von grossem Werte bei den Besichtigungen.

Zwei Deichwärter versehen den Dienst einer Strecke von 5 Li = 2.5 *km* und haben ein Personal von 40 Mann, in zwei Wachen für Tag und Nacht geteilt, unter sich. Sie unterstehen dem Mandarin des betreffenden Bezirkes, der persönlich für den Zustand der Deiche und etwaige Schäden verantwortlich ist. Die Arbeiten werden auf Staatskosten ausgeführt und gehen ohne Unterbrechung weiter; denn der mächtige, mit etwa 2 *m* sekundlicher Geschwindigkeit fliessende Strom giebt immer neue Arbeit.

Trotz dieser Arbeiten und trotz häufigen Aufgebotes von Hilfskräften kommt von Zeit zu Zeit ein Deichbruch vor, der weit in das Land hinein die verheerenden Fluten eindringen lässt und dann das Wort von »Chinas Kummer« wieder von neuem wahr macht.

---

[1]) Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1898. No. 8, 9. p. 402 u. ff.

An den weniger höhern Punkten sieht man denn auch Dorf an Dorf gereiht. Auf den Binnendeichen findet sich an manchen Stellen Hütte neben Hütte, deren Bewohner das vorliegende Land geflohen haben.

Die Breite des Stromes bei Niedrigwasser beträgt durchschnittlich 200 *m*, an einigen Stellen bis zu 250 *m* und darüber steigend. An den Stellen, wo übergesetzt wurde, konnte im Stromstrich die Tiefe zu 6—8 *m* konstatiert werden.

Die Minimal-Hochwasser sollen 3 *m* über Niedrigwasser betragen, während die grossen bis zu 5 und 6 *m* steigen. Der Strom füllt dann die ganze Fläche zwischen den Deichen aus und erstreckt sich gegenüber Tsi-Ho bis zu 5 und 6 *km* weit in das Land hinein, über die Felder seine fruchtbringenden Ablagerungen, sehr häufig aber auch sterilen Sand in grossen Massen, ergiessend.

So viel wie möglich ist es vermieden worden, dass Flüsse in den Hwang-Ho münden. Grosse Arbeiten sind ausgeführt, um dem dabei notwendig eintretenden Übelstande abzuhelfen. Auf der westlichen Seite strömen dem Hwang-Ho überhaupt keine Wasser zu; von Osten fliessen einige Flüsschen südlich von Tsinan-Fu und münden dort, wo noch keine Deiche den Fluss einsäumen. Zwischen Tsinan-Fu und dem Meere sind die ehemals in den Hwang-Ho fliessenden, zwischen Lung-Schan und Tsinan-Fu von den Bergen kommenden Bäche und Flüsse abgefangen. Ihr Wasser dient jetzt dem vor zehn bis zwölf Jahren gebauten Kanale Hsiau-Hsing-Ho, der, 3 *km* nördlich von Tsinan-Fu beginnend, hier von den durch die Hauptstadt strömenden Bächen ausgiebige Quantitäten Wassers erhält. Zuerst dient er nur kleinen Booten: erst in 5 *km* Entfernung von der Stadt erhält er ein grösseres Profil. Von diesem Punkte aus läuft der Kanal Hsiau-Hsing-Ho in langen Geraden nach ONO, um bei King-Kia-Tschuang, einem Dorfe dicht an der Fähre über den Kanal, eine mehr östliche Richtung anzunehmen. Er nimmt dann verschiedene Bäche, den Hsiau-Kiang-Ho, der an Tschang-Kiu vorbeifliesst, auf und vereinigt sich mit dem westlich um den Tschang-Pei-Schan herumfliessenden Hsiau-Tsing-Ho. Dann fliesst er in NO-Richtung weiter, um schliesslich bei Yang-Kia-Kou in den Golf von Pe-Tchili sich zu ergiessen. Während dreier Monate mindestens ist alle Schiffahrt des Eises wegen gesperrt.«

Der Anadyr wird auf Grund eigener Anschauungen von A. W. Olssufjew geschildert[1]). Dieser Fluss entspringt im Stanowoi-Gebirge und hat bis Jaripol das Aussehen eines grossen Gebirgsstromes; nachdem er hier den wasserreichen Pelidon aufgenommen hat, erreicht er eine Breite von 170 *m*. Sein Oberlauf hat eine solche starke Strömung, dass es äusserst schwierig ist, mit einem Boote von Markowo nach Jaripol zu gelangen. Alle Nebenflüsse

[1]) Auszug aus dem russ. Original in Petermann's Mitt. 1899. p. 29.

dieses Teiles des Flusses haben den Charakter von Gebirgsflüssen. Die Flussufer sind gebirgig und reich an Nadelholz. Unmittelbar oberhalb Markowo tritt der Fluss in die Ebene, ohne dass der Wald die Flussufer verlässt: bis zum Dorfe selbst zieht sich als schmaler Streifen an beiden Ufern Laubwald hin. Bei Markowo schwankt die Breite des Flusses zwischen 200 und 750 *m*; die Breite des Mittellaufes vergrössert sich nach und nach und erreicht stellenweise 1100—1500 *m*. Die Strömung des Mittellaufes beträgt hier 1—2 *m* in der Sekunde, bei vollem Wasserstande bei Markowo 3 *m* und mehr. Er ist bei einem niedrigen Wasserstande mindestens 2 *m* tief. Die Ufer sind bis zur Mündung des Main niedrig; hier treten niedrige Berge von beiden Seiten dicht an den Fluss heran; bis zur Mündung der Bielaja ist das linke Ufer überall niedrig; das rechte wird, an dem Flusse selbst niedrig und sumpfig, von einer nicht hohen Bergkette begleitet, welche der Mündung der Bielaja gegenüber wieder dicht an den Fluss herantritt. Die Ufer des Mittellaufes haben anfangs einen dichten Anwuchs von Weiden, welcher allmählich am Oberlaufe zu Wald wird. Besonders waldreich ist, wie erwähnt, der Oberlauf des Main und seines Nebenflusses Algan. Der untere Anadyr zeichnet sich durch eine langsame Strömung und mächtige Breite aus. Das linke Ufer ist niedrig, an das rechte treten stellenweise die Ausläufer des Polpol heran, die zum Sommeraufenthalt der Rentierzüchter sich eignen. Beide Ufer haben an einzelnen Stellen gar keine Vegetation; die Tundren sind hier und da mit niedrigem Gebüsche oder Weiden bedeckt. Die Breite des Flusses schwankt grösstenteils zwischen $1^1/_2$ und 2 *km*, erreicht aber auch 3—5 *km* und mehr. Die Tiefe des Unterlaufes beträgt anfangs etwa $2—4^1/_2$ *m*, aber nahe der Mündung auf der Barre übersteigt sie nicht 1 *m*.

Vom Einfalle der Krassnaja beginnen auf beiden Ufern weit vorspringende Sandzungen, welche natürliche Deckungen für den Aufenthalt der Kähne bilden. Hier ist infolge der Breite des Flusses und der starken Winde, die plötzlich das Wasser in Bewegung bringen, die Schiffahrt sogar für die grössten dortigen Kähne nicht gefahrlos. Unterhalb der Landzunge, die die Amerikanische genannt wird, ist die Strömung so unbedeutend, dass sich die Meeresflut schon bemerkbar macht, so dass die Strömung des Flusses bald eine rückläufige (nach oben), langsame und kurz dauernde, bald eine weit stärkere nach unten ist. Je näher der Mündung, desto fühlbarer wird dieser Einfluss der Flut und erreicht diese endlich ihren äussersten Grad dem Posten Nowo-Mariinsk gegenüber, wo der Fluss von beiden Seiten durch Gebirge eingeengt wird. Hier hebt die Flut, die zweimal am Tage in ungleichmässigen Zwischenräumen eintritt, das Niveau des Wassers um mehrere Fuss und bewirkt eine ziemlich starke rückläufige Strömung, während die Ebbe so stark ist, dass sogar ein zwölfrudriger Seekutter in der Mitte des Flusses nicht gegen die Strömung vorwärts kommt. Wenn man

quer über den Fluss blickt, so bemerkt man, dass nicht die ganze Wasseroberfläche gleichzeitig unter der Wirkung der Flut und Ebbe steht: das Wasser längs der Ufer verspätet sich gleichsam etwas; in der Mitte des Flusses hat schon die Flut begonnen, während längs der Ufer noch die Ebbe andauert. Während der Ebbe ist es oft umgekehrt: die Ebbe ist schon in der Mitte des Flusses bemerkbar, während das Uferwasser noch einige Zeit aufwärts fliesst. Die Tiefe ist dem Posten Nowo-Mariinsk gegenüber sehr bedeutend: in der Mitte des Flusses 17—19 *m*; oberhalb dieser Stelle nimmt die Tiefe schnell ab, und der Kleinen Nerpitschi-Landzunge gegenüber beginnt die Flussbarre. Diese bildet in der ganzen Breite des Flusses eine mächtige Sandbank, welche sich bis zur Amerikanischen Landzunge aufwärts zieht. Trotz der mächtigen Breite des Flusses an dieser Stelle, die 3—6 *km* und mehr erreicht, ist seine Tiefe ganz unbedeutend. Man findet in der Mitte oft eine ganz seichte Stelle. Hier beträgt die Tiefe bei der Ebbe nicht mehr als $^3/_5$ *m*. Längs der Ufer finden sich tiefere Stellen, aber auch hier fahren die dortigen Bewohner nur bei hohem Wasserstande während der Flut. Das Flusswasser eignet sich dem Posten Nowo-Mariinsk gegenüber gar nicht zum Trinken, indem es stark mit Meerwasser vermischt ist; bei der Kedrowschen Landzunge ist das Wasser nach der Ebbe oder bei aufwärts wehendem Winde trinkbar; an der Amerikanischen Landzunge ist der Geschmack bisweilen noch bitter, oberhalb dieser Stelle macht sich der Einfluss des Meeres nicht mehr bemerkbar. Diese Mängel des Wassers ersetzt das süsse, wenn auch stehende Wasser der benachbarten Tundren und die an der Mündung überall angetroffenen, bisweilen mehrere Sashen dicken Schneelagen, die längs der steilen Ufer lagern. Sie entstehen durch die Schneestürme im Winter und tauen niemals vor Ende August auf.

Das Eis setzt sich auf dem Anadyr gewöhnlich zwischen dem 1. und 13. Juni in Bewegung; aber noch früher, nämlich vom 13. Mai ab, zeigen sich auf dem Flusse Eislöcher. Das gilt übrigens nur für den mittlern Lauf; an der Mündung bei dem Posten Nowo-Mariinsk bleibt das Eis oft bis Ende Juni stehen, und der Eisgang tritt bisweilen nicht vor dem 17. Juni ein. Er dauert nur einige Tage; darauf beginnt nach und nach Hochwasser einzutreten. Im Mittellauf steigt das Wasser um 4 *m* und mehr über das gewöhnliche Niveau und überschwemmt das Ufer stellenweise auf weite Ausdehnung. Nach zwei bis drei Tagen fällt das Wasser anfangs schnell, dann langsam; der Fluss tritt schon gegen den 22. Juni in seine Ufer zurück, aber erst nach Verlauf eines Monats, gegen den 22.—27. Juli, erreicht er sein gewöhnliches Niveau. Das erste Eis erscheint gewöhnlich vom 17.—22. September und wird gegen Ende dieses Monats (Anfang Oktober) fest.

Von den Flüssen, die sich in den untern Anadyr ergiessen, der Krassnaja, die aus einem See gleichen Namens kommt, und der

Boschaga, hat man keine Nachrichten, da sie niemand befahren hat. Nach ihrer Mündung und den Erzählungen der Tschuktschen zu urteilen, müssen diese Flüsse ziemlich bedeutend und mit kleinen Kähnen zu befahren sein.

11. Seen und Moore.

Stehende Seespiegelschwankungen (Seichen) auf dem Traunsee schildert E. Richter[1]), auf Grund von Angaben der registrierenden Flusspegel in der Nähe des Ausflusses der Traun aus dem See. »In den rund 770 Beobachtungsstunden, aus denen für die Zeit vom 10. Oktober bis 25. November Kurven vorliegen, zeigen nur ungefähr 300 Stunden einen ruhigen Seespiegel. Die ganze übrige Zeit schrieb der Pegel Schwankungen auf. Deren absoluter Betrag ist im Vergleiche zu den von Forel publizierten Kurven des Genfer Sees nicht gering, er beträgt allerdings meist nur 1 *cm* oder weniger; das Maximum steigt aber doch gegen 10 *cm*. Es trat in den durch starke Barometerschwankungen ausgezeichneten letzten Beobachtungstagen ein. Bewunderungswürdig ist die ausserordentliche Regelmässigkeit der Schwankungsperioden. Mit ganz verschwindenden Ausnahmen kommen immer genau fünf Schwankungen auf die Stunde; von einem Tiefstande zum andern verfliessen also 12 Minuten; in den meisten Fällen erfolgt das Sinken und Steigen selbst sehr rasch, während Hoch- und Tiefstand einige Minuten andauern. Es entstehen so Kurven (Schlangenlinien) von ausserordentlicher Regelmässigkeit. Wenn die Schwankungen stärker werden, zeigen die Kurven eine Knickung ungefähr bei mittlerem Stande, wo der Spiegel offenbar einen Augenblick verweilt (Seiches dicrotes?). Die Periode von 12 Minuten stimmt vorzüglich mit der Rechnung. Nach der vereinfachten Merianschen Formel (Forel, Léman, II, 78) ist die halbe Periode t einer Seiche $= \frac{l}{\sqrt{gh}}$, wobei l die Länge des Sees, g die Acceleration der Schwere, h die Seetiefe bedeutet. Bei einer Länge des Sees von 12 *km* und einer mittlern Tiefe von 90 *m* (Atlas der Alpenseen) ist $t = 6^m\ 53^s$.

Der Traunsee ist der erste See der Ostalpen, bei dem Seichen festgestellt wurden. Man wird jetzt kaum zweifeln dürfen, dass es nur der Aufstellung von Registrierapparaten bedarf, um auch an andern grössern oder ähnlichen Seen, wie dem Attersee, den oberitalienischen, dem Starnberger See u. s. w., die gleiche Erscheinung zu beobachten.«

Zufrieren der Seen[2]). Viele Seen zeigen die Eigentümlichkeit, dass einzelne Stellen beim Frieren ganz eisfrei bleiben oder

[1]) Petermann's Mitt. 1899. p. 41.
[2]) Naturwissenschaftl. Rundschau 13. p. 695.

erst sehr spät sich mit Eis bedecken, weshalb einige Stellen sehr dünn bleiben und dadurch dem Schlittschuhläufer gefährlich werden. Prof. F. A. Forel hat dieser Frage seine Aufmerksamkeit zugewandt und zeigt an dem Beispiele des Joux-Sees, dass bei sehr scharfem Froste während einer klaren Nacht der See plötzlich vollständig zufriert, ohne Stellen freien Wassers zu lassen; dass aber in milden Wintern, wenn das Gefrieren langsam und unregelmässig erfolgt, Tage und Wochen lang kleine Stellen in der Eisdecke offen bleiben, nur sehr spät zufrieren und dann eine viel dünnere Eisschicht annehmen als der übrige See. Diese Stellen sind schon von weitem kenntlich durch die schwarzen Züge wilder Enten, die in diesen offenen Stellen sich herumtummeln; sie wurden im letzten milden Winter noch gegen Ende Januar mehrfach beobachtet. — Für die Ursache dieses Offenbleibens einzelner Stellen sind viele Erklärungen gegeben worden. Man hat warme Quellen vermutet; diese müssten aber im Joux-See + 8° haben, um bis zur Oberfläche ihre wärmende Wirkung zu äussern. Ferner müssten diese Stellen sich sowohl durch Nebelbildung, wie den Fischern durch Ansammlungen von Fischen in bestimmten Jahreszeiten kenntlich machen, was faktisch nicht der Fall ist. Eine andere Annahme, dass das Einmünden von Flüssen und Bächen durch die Strömung die Eisbildung verhindert, trifft nicht zu für Stellen, welche von den Mündungen weit abliegen. Ebenso wenig kann durch Zuflüsse warmes Wasser herbeigeführt sein, da solches zwischen 4° und 0° beim Frieren des Sees schwerer wird und zu Boden sinkt. Fette Stoffe, die von den Zuflüssen herbeigeführt werden, könnten, wie direkte Versuche zeigten, nur höchst minimale Wirkungen entfalten und die Beobachtungen keineswegs erklären. Endlich sind auch absteigende Winde und ihre höhere Temperatur wegen ihrer Unbeständigkeit nicht im stande, dieses Offenbleiben einzelner Stellen zu erklären, denn beim langsamen Zufrieren des Sees müssten die Winde stets auf dieselben Stellen wirken. Da somit alle möglichen Erklärungsversuche im Stiche lassen, ist Prof. Forel der Meinung, dass die Stellen flüssigen Wassers von der Anwesenheit der Scharen wilder Enten herrühren möchten, welche durch ihr beständiges Umherschwimmen das Wasser in lebhafter Bewegung erhalten und die tiefern, wärmern Schichten mit den kalten, oberflächlichen mischen, wodurch, wenn der Frost nicht sehr stark ist, die Eisbildung verhindert wird. Forel wünscht, dass durch Beobachtungen diese Erklärung geprüft werden möchte[1]).

Untersuchungen über die Wassertemperaturen im Kaspischen Meere hat J. B. Spindler angestellt. Aus seiner in russischer Sprache erschienenen Abhandlung giebt Fr. Immanuel folgenden Auszug[2]): Bezüglich der Wassertemperaturen des Kaspischen Meeres tritt die Erscheinung hervor, dass im Sommer bei gleichmässig hoher

---

1) Archives des sciences physiques et naturelles 1898. Ser. 4. 6. p. 187

2) Petermann's Mitt. 1899. Litteraturbericht No. 429.

Lufttemperatur das Wasser im östlichen, namentlich im nordöstlichen Teile des Meeres auffallend kälter ist als in den mittlern und westlichen Teilen. Nach ältern Berichten soll sich bei einer Luftwärme von 20—22° C. im Juli das Meerwasser zwischen Krasnowodsk und Karabugas binnen wenigen Stunden bis auf +9° abgekühlt haben. Man suchte die Gründe in dem verschieden grossen Salzgehalte, in der schnellern Verdunstung, namentlich auch in der Annahme kalter Quellen auf dem Meeresboden; die beiden letzten Ursachen würden allerdings bei dem überaus flachen Wasser längs der kaspischen Ostküste ins Gewicht fallen. Verf. war 1897 eigens zur Vornahme von Untersuchungen über diese Frage kommandiert. Er verwirft die angeführten Gründe, namentlich stellte er den Salzgehalt der Meeresoberfläche auf eine gleichmässige Höhe von 1.40 % fest. An der Hand sorgsamer Beobachtungen fand er, dass die Windrichtung und die hierdurch hervorgerufenen Strömungen in der Nähe der Ufer die Veranlassung der Temperaturverschiedenheiten sind, indem die kältern untern Wasserschichten hierdurch an die Oberfläche gelangen. Im Sommer herrschen vorwiegend nordöstliche Winde über dem Kaspischen Meere, weshalb die obere Wasserschicht vom Ostufer weggetrieben und durch die kalten Schichten aus der Tiefe ersetzt wird.

Schlammabsatz im Vierwaldstättersee. Um Anhaltspunkte über die Menge und die Art des Schlammabsatzes in den Alpenseen zu erhalten, hat Prof. Albrecht Heim zunächst im Vierwaldstättersee Schlammsammelkästen versenkt, die an starken Kupferdrähten befestigt waren. Nach mehrern Fehlversuchen, wobei sechs Kasten auf Nimmerwiedersehn am Seegrunde liegen blieben, ist es ihm endlich am 7. April 1898 geglückt, zwei Kästen, die ein Jahr zuvor, nämlich am 12. April 1897 versenkt worden waren, zu heben.

Der eine von diesen Schlammsammelkästen war auf den flachen Boden des sogenannten »Urnersees«, bei Fledermauseggen oberhalb Rütli, ungefähr 250 *m* vom Ufer entfernt und 200 *m* tief versenkt worden. Es hatte sich darin während des Versenkungsjahres eine Schlammschicht angesammelt, die im frischen, nassen Zustande 1½ *cm* dick war. Die Gesamtmenge des in dem Kasten (2862.25 *qcm* Sammelfläche) angesammelten Schlammes betrug im nassem Zustande 5495 *g*, getrocknet (bei 90—100°) 2747.5 *g*. Das ergiebt für das Quadratcentimeter Grundfläche 1,91 *g* nassen oder 0.95 *g* getrockneten Schlamm, entsprechend einer Thonschicht von ungefähr 3.8 *mm* in verfestigtem Zustande. Der Schlamm ist bläulichgrau, sehr zähe und nur zum geringsten Teile in Salzsäure löslich; die einzelnen Teilchen sind äusserst klein (0.007—0.0009 *mm* Durchmesser) und bestehen vorwiegend aus Quarz- und Glimmerpartikelchen. Leere Diatomeenschälchen (Cyclotella operculata Aq. am häufigsten) fanden sich allenthalben, aber nie als Hauptbestandteil; vereinzelt auch Buchenblätter und Tannennadeln.

Der andere Kasten war in dem Becken zwischen Treib und der sublacustrischen Moräne zwischen Treib und Schwibbogen, 250 *m* vom Ufer, 125 *m* tief, gleichfalls auf ebenem Seeboden versenkt worden. Hier betrug die Dicke des frischen, nassen Schlammabsatzes $7^1/_2$ bis stellenweise 8 *cm*! Der Schlamm war gebändert geschichtet, die Schichtung nur durch geringen Farbenwechsel sichtbar, bald etwas dunkler blaugrau, bald etwas heller. Es gelang nicht, die Schichten zu sortieren. Das Material war enorm zähe und haftend. Das Gesamtgewicht des nassen Schlammes in dem Kasten (2704 *qcm* Sammelfläche) betrug 34320 *g*, im getrockneten Zustande 19200 *g*. Jedes Quadratcentimeter Grundfläche hat hier in einem Jahre 12.66 *g* nassen = 7.14 *g* trockenen Schlammes erhalten; als verfestigtes Gestein gedacht, entspricht dies einer Schicht von ungefähr 28.5 *mm*! Dieser hohe Betrag erweckt fast den Verdacht, ob hier nicht etwa die Arbeiten für das Elektrizitätswerk an der Muotta mitgespielt haben, bei denen eine ungewöhnliche Masse von Schutt in die Muotta geworfen worden ist

Prof. Heim gedenkt, diese dankenswerten Versuche fortzusetzen, um auf diese Weise ein Jahresmittel zu erhalten. Hierdurch dürfte auch die letztaufgeworfene Frage entschieden werden[1]).

Über die Seen des Schwarzwaldes machte Dr. W. Halbfass Mitteilungen, die zum Teil auf eigenen Beobachtungen beruhen[2]). Diese Seen beschränken sich in der Hauptsache auf die höchsten Erhebungen des Gebirges: im Feldberggebiete liegen die beiden grössten Seen, der Titisee und der Schluchsee, ferner der Ursee und der Feldsee; am Belchenmassiv liegt der Nonnmattweier, im Kniebisgebiete der Elbachsee, Buhlbachsee und der Glaswaldsee, im Hornisgrindenstock, sämtlich an seiner Ostseite, der Wildsee, Mummelsee, Schurmsee, Hutzenbachersee und Herrenwiesersee, auf der Hochebene zwischen Murg und Enzthal die beiden Hohlochseen und die beiden Horn- oder Wildseen und endlich unweit Säckingen ganz vereinzelt nahe der Rheinebene der Berg- oder Scheffelsee. Zu diesen auch heute mit Wasser gefüllten Becken treten noch eine ganze Reihe erloschener Seebecken hinzu, dagegen bleiben hier ganz ausser Betracht die eigentlichen Weiher, sofern es sich um wesentlich künstlich entstandene Staubecken handelt.

Die beiden Hohlochseen liegen in etwa 950 *m* Seehöhe $^1/_2$ Stunde westlich von dem Forsthause Kaltenbronn, ihr Abfluss ist der Kegelbach, der nach kurzem Laufe mit über 400 *m* Gefälle bei der Sprollenmühle in die Enz mündet. Beide Seen, von denen der grössere etwa 2, der kleinere $^3/_4$ *ha* gross ist, sind durch einen künstlichen Damm getrennt; sie haben unzweifelhaft früher zusammengehangen. Als grösste Tiefe fand Verf. etwa 3 *m*, doch mögen

---

1) Mitt. d. k. k. Geogr. Ges. in Wien 1899. p. 85.
2) Petermann's Mitt. 1898. p. 241.

wohl einzelne tiefere Löcher vorkommen, den grössern fand Halbfass (30. September 1897) fast ganz mit Schilf und Wasserpflanzen angefüllt, während der kleinere meist offenes Wasser hatte, das, obwohl es an sich völlig klar war, wegen des moorigen Untergrundes tief braunschwarz erschien und sich in die Forel-Ulesche Farbenskala durchaus nicht einreihen liess. Die beiden gleichfalls künstlich getrennten Hornseen, auch Wildseen genannt, liegen eine Stunde nordöstlich von Kaltenbronn in 908 *m* Seehöhe; die Grenze zwischen Baden und Württemberg durchschneidet den grössern südlich gelegenen See, der kleinere nördliche liegt ganz auf badischem Boden. Nach E. Paulus hat der grössere See einen Flächenraum von etwa $2^1/_5$ *ha*; Herzog Eberhard Ludwig liess ihn ausloten und fand 18 Fuss, Trigonometer Rieth 1835 4—10 Fuss. Die grösste Tiefe fiel in die nördliche Hälfte, die Tiefe nahm nach der Mitte allmählich zu. Regelmann giebt 5 *m* als grösste Tiefe an. Beide Seen werden vom Brothenaubach entwässert, einem der Quellflüsse der Eyach, welche 550 *m* tiefer unweit der Stadt Neuenbürg in die Enz fliesst. Nach Halbfass werden sich die vier kleinen Seen, trotz zunehmender Vertorfung noch auf lange Zeit hinaus mit Wasser gefüllt erhalten, sofern nur der ungeheuere Forst, der ihre Umgebung meilenweit dicht bedeckt, in diesem Umfange geschont bleibt, und zwar die Hornseen voraussichtlich länger als die Hohlochseen, die übrigens merkwürdigerweise auf der grossen Karte des badischen Schwarzwaldvereines in 1 : 50000, Blatt II, bereits als erloschen erscheinen.

Über die Tiefen des Herrenwieser-, Schurm- und Hutzenbacher Sees lagen genaue Angaben bisher nicht vor. Die von Halbfass in den ersten Tagen des Oktober 1897 ausgeführten Lotungen wurden von einem Flosse aus bethätigt und ergaben für den Herrenwiesersee 30, für den Schurmsee 26, den Hutzenbacher See 19 *m*, für alle drei Seen nur mässige Tiefen, die am grössten beim Schurmsee ist. Dieser See, der jetzt etwas kleiner ist als der Herrenwieser, war aber vor noch nicht zu langer Zeit doppelt so gross. Die westliche Hälfte ist jetzt versumpft. Die grösste Tiefe liegt beim Schurmsee näher dem Ausflusse, beim Herrenwiesersee umgekehrt weiter davon entfernt, während der Hutzenbacher See ziemlich gleichmässig abgeböscht scheint. Die mittlere Böschung des Schurmsees stimmt ungefähr mit der seiner Seewand überein, dagegen beträgt der Abfall des Seekopfs beim Herrenwiesersee im Durchschnitte 21°, in seiner obern Hälfte sogar 31°, also beträchtlich mehr als die Seeböschung. Doch darf als sicher angenommen werden, dass bei gleichem Umfange alle drei Seen früher bedeutend tiefer, also auch steiler in die Umgebung eingesenkt gewesen sind als heute, dafür zeugt der meterdicke Humusschlamm, der den Seeboden bedeckt und über kurz oder lang den See gänzlich ausgefüllt haben wird, falls er nicht aus wirtschaftlichem Grunde künstlich wieder vertieft werden wird.

Für den Wildsee fand Dr. Halbfass 29 *m* Tiefe, als Maximaltiefe des Mummelsees 17 *m*. »Was die wahrscheinliche Entstehungsursache der Seen der Hornisgrindengruppe anlangt,« sagt Dr. Halbfass, »so ist die ältere Anschauung, dass sie entweder durch ungeheure Einstürze entstanden seien oder »Produkte eines durch die Lehnstuhlform beisammengehaltenen gewaltigen Bergrutsches«, also wesentlich tektonischen Ursprunges seien, jetzt allgemein, und zwar mit vollem Rechte, verlassen, denn die bisherigen geologischen Aufnahmen geben für diese Erklärung nicht den leisesten Anhalt. Es existieren in näherer, selbst in weiterer Umgebung der Seen keinerlei Schichtenstörungen; sie gehören sämtlich jenem Horizonte der Buntsandsteinformation an, in welchem Bergschlipfe am seltensten vorkommen, und liegen keineswegs an der Grenze des Urgebirges und Tertiärs, wie Arnsperger wenigstens für den Wildsee und den Hutzenbacher See anzunehmen scheint.

So bleibt als natürlichste Erklärung für die Entstehung dieser wie der übrigen Hochseen des Schwarzwaldes nur die übrig, sie als einen Folgezustand der Glazialzeit anzusehen. Auszugehen ist von der Thatsache, dass auch die Hochseen der Tatra, des Riesengebirges und Böhmerwaldes jetzt allgemein als Glazialseen angesprochen werden, dass insbesondere die Analogie mit den Vogesenseen, deren glazialer Ursprung sowohl am Grossen Stauweiher wie am Sternsee, am Darensee, am Forlenweiher, am Schwarzensee und namentlich auch am Belchensee zur Zeit eines ungewöhnlich tiefen Wasserstandes in untrüglichster Form durch L. van Werveke zum Teil in Gemeinschaft mit Benecke, Bücking und Schuhmacher erwiesen ist[1]), schwer in die Wagschale fällt. Speziell für die Seen der Hornisgrinde kommt weiter der Umstand in Betracht, dass sie sämtlich am Ostabhange des Hauptkammes liegen, der durch sanftere Neigung an und für sich für Gletscherbildungen günstiger ist als die schluchtartig nach Westen sich öffnenden Thäler, in denen der Schnee als Lawinen schnell zu Thal gefördert wird.

Die analoge Erscheinung treffen wir nicht nur in unsern übrigen deutschen Mittelgebirgen, sondern auch bei den Botnern Jotunfields, den Meeraugen der Tatra und den Hochgebirgsseen der Pyrenäen. Gleich Bayberger ist Verf. dagegen nicht der Ansicht, dass die vorherrschend westlich wehenden Winde, also atmosphärische Ursachen, von erheblicher Bedeutung für die Bildung der Seen gewesen sind. Was die direkten Beweise ehemaliger Vergletscherung in diesem Teile des Schwarzwaldes anlangt, so ist es damit recht schwach bestellt. Infolge der starken Verwitterung und der weichen Beschaffenheit des untern Buntsandsteines sind gekritzte Gesteine und geschliffene anstehende Felsmassen äusserst schwierig zu finden; Regelmann gelang es, letztere am Schwabbachweiher im Thale der kleinen Kinzig

[1]) Mitt. d. Geol. Landesanstalt für Elsass-Lothringen III. Heft 2. Strassburg 1892. p. 133 ff.

in 609 *m* zu finden. Häufiger sind transportierte geschliffene Blöcke angetroffen worden, aber weder dem Verf., noch dem Grossherzgl. Badischen Landesgeologen Dr. H. Thürach ist es gelungen, die »zahlreichen Gletscherschliffe« wiederzufinden, die nach Bayberger in den von der Hornisgrinde nach O, N und SO sich öffnenden Thälern so zahlreich sein sollen. Entscheidender für den glazialen Ursprung der Seen als die wenigen geschrammten Gesteinsproben, die man bis jetzt aufgefunden hat und vielleicht bei noch genauerem Durchsuchen finden wird, sind vielmehr die zirkus- oder kesselartigen Bergformen, in denen sie eingebettet liegen und die Zusammensetzung des das Wasser absperrenden Dammes. Letzterer trägt den deutlichen Charakter einer Endmoräne vor allem beim Mummelsee; dagegen ist beim Herrenwieser- und beim Wildsee der ursprünglich vorhandene Damm durch die künstliche Sperrung völlig zerstört worden, und bei den beiden übrigen Seen lässt lediglich die Form des den See abschliessenden Dammes, unterhalb dessen der Abfluss sich ein tief eingerissenes Bett gegraben hat, auf einen echten Moränenwall schliessen, so dass wir in diesen Fällen wieder auf die Analogie mit andern Schwarzwaldseen, wo direkte Aufschlüsse in dem Staudamme vorhanden sind, angewiesen sind. Günstiger liegt die Sache für den glazialen Ursprung in der in völliger Übereinstimmung mit verwandten Bergformen anderer Gebirge zirkusartigen Vertiefung des Terrains, welche, selbstverständlich der Zeit nach älter als der absperrende Damm, in allen Seen der Hornisgrinde sehr deutlich ausgeprägt ist. Überall finden wir einen von der Kreisgestalt nur wenig abweichenden Umriss; die scheinbaren Abweichungen davon, die beim Mummelsee und beim Herrenwiesersee vorkommen, sind nichts als ganz rezente, durch das ungleiche Zuwachsen von unten entstandene Neubildungen, die mit der ursprünglichen Form des Sees nichts zu thun haben. Die allmähliche Abnahme der Tiefe von der Seewand bis zum Ausflusse zu, die besonders deutlich erst beim Feldsee zu bemerken ist, legt Zeugnis ab von der aushobelnden Thätigkeit des Gletschers, welcher die zerkleinerten und zerriebenen Teile der Grundmoräne vor sich herschob und nach und nach zu Endmoränen anhäufte, wobei natürlich der der Seewand zugekehrte Teil des Zirkus als am längsten mit Eis erfüllte, am schlechtesten fortkam, d. h. am tiefsten blieb. Sehr wahrscheinlich diente das dem Gletscher reichlich entströmende Wasser dazu, den Boden weiter zu erodieren und zu verhindern, dass der Gesteinsschutt sich allzufrüh als Schranke des Seebeckens festsetzte. Wären die Seen der Hornisgrinde und die entsprechenden anderen Teile des Schwarzwaldes tektonischen Ursprungs, so wäre die immer in derselben Weise wiederkehrende Form ihrer Becken und die eigentümliche Bodengestalt ihrer Umgebung nicht zu verstehen, die nicht bloss bei den gedachten Seen, sondern auch bei Hunderten von wohlgerundeten, zirkusähnlichen Thalschlüssen vorkommt, deren Regelmann a. a. O. allein für die Gegend der obern Kinzig eine grosse Zahl nachweist. Dass diese nicht mehr mit

Wasser gefüllt, sondern längst ebene Wiesenflächen geworden sind, rührt ohne Zweifel zum Teile wenigstens daher, dass die in die See hineinstürzenden Bäche allmählich die schützende Endmoräne weggerissen und in das Thal hinab befördert haben. Daher sind auch die Abschlussdämme des Mummelsees, des Elbachsees und des Feldsees so viel besser erhalten als die der andern kleinen Seen, weil diese Seen keine oberirdischen, sondern nur Quellzuflüsse besitzen. Aus der verschiedenen Höhenlage der Seen lässt sich der Schluss ziehen, dass der Rückzug der Gletscher nach und nach vor sich ging. Die untere Firngrenze der dritten Eiszeit wird man etwa bei 670 *m* setzen, wie die von Regelmann untersuchten blinden Wannen des Kinziggebietes ergeben; die obere Grenze ist durch das Kar des Mummelsees angedeutet.«

Von den Kniebisseen sind drei zu erwähnen: der Glaswaldsee, auch Wildsee genannt, der Elbachsee und der Buhlbachsee, welche auch alle der Buntsandsteinformation angehören. Der Glaswaldsee, den Wildsee an Grösse ein wenig übertreffend, liegt ziemlich genau in der Mitte zwischen dem Wolf- und Renchthal, von den beiden Bädern Rippoldsau und Petersthal je zwei Stunden entfernt. Der höchste Punkt der westlich vorgelagerten Seewand liegt etwa 110 *m* über dem See; ihre Böschung beträgt durchschnittlich ca. 29°, die des Sees nur etwas über 9°, doch beweisen die vielen in ihm liegenden Baumstämme und der moorige Grund, dass auch er einst bedeutend tiefer war und durch nachträgliche kleine Einstürze von oben, die noch jetzt nicht selten sind, und durch allmähliche Vertorfung immer mehr von seiner Tiefe eingebüsst hat, weshalb auch der Plan besteht, ihn gänzlich leer laufen zu lassen und den Seeboden zu bepflanzen. Von historischem Interesse ist die bei der Fürstl. Fürstenbergischen Kammer zu Donaueschingen in den Akten beglaubigte Thatsache, dass er im Jahre 1743 ausgebrochen und im Seebachthale Brücken und Wege zerstört hat. Seit dieser Zeit scheint ein Ausbruch nicht wieder vorgekommen zu sein. Halbfass fand die schon von Sauer ausgesprochene Annahme bestätigt, dass er ein überaus seichtes Gewässer ist, welches nur in einem verhältnismässig kleinen Gebiete nach der Südwestecke — der Seewand zu — etwas über 10 *m* tief wird; er besitzt daher trotz grössern Areals ein geringeres Volumen als der württembergische Wildsee. Der Abfluss des Sees ist der Seebach, der nach etwa zweistündigem Laufe mit 400 *m* Gefäll (!) bei dem Wirtshaus »vor Seebach« in die Wolfach mündet; oberirdische Zuflüsse sind nicht vorhanden, auch ist die Existenz unterseeischer Quellen deshalb unwahrscheinlich, weil er bis auf den Grund auffallend warm ist, und er im Winter sehr zeitig, meist schon Anfang Dezember, zufriert. Er scheint also lediglich auf Zuwachs durch die Atmosphärilien angewiesen zu sein und daher, wenn man noch seinen moorigen Boden in Betracht zieht, weniger Aussicht auf ein langes Leben zu haben, als seine übrigen Schwarzwaldgenossen. In dem künstlich errichteten Damme sind

mit einiger Mühe noch die durch feinen Schutt verbundenen Buntsandsteinblöcke zu sehen, welche die moränenartige Natur des natürlich vorhandenen Dammes dokumentieren.

Der Titisee, der grösste Schwarzwaldsee, besitzt nach den von Halbfass im Oktober 1897 vorgenommenen (222) Lotungen ein überaus einfaches und regelmässiges Bodenrelief, er stellt nämlich eine von allen Seiten nach der Mitte zu schwach abfallende Mulde dar, deren tiefster Punkt (40 *m*) vom obern Ende 1000 *m*, vom untern Ende 900 *m*, vom Westufer 250 *m*, vom Ostufer 350 *m* entfernt liegt, also ungefähr seine Mitte bildet. Wenn man aber die westlich vom See gelegene Ebene hinzurechnet, die kaum 1—2 *m* höher als das heutige Niveau des Wassers liegt und unzweifelhaft einst zum See gehört hat, so erreicht der Titisee eine Länge von 4300 *m*, und seine heutige grösste Tiefe liegt dann dem Ostende beträchtlich näher als dem Westende. Das von der Isobathe 40 *m* umschlossene Areal umfasst übrigens nur 2 % der Gesamtfläche, und selbst die Isobathe 30 *m* umspannt noch nicht 30 % des Areals, so dass der Titisee nur eine schwach ausgeprägte Sohle besitzt und im Zusammenhange damit nur eine mittlere Böschung von $6^1/_4{}^0$ besitzt. Entgegen der gewöhnlichen Regel senkt sich das höhere Ostufer weniger steil in den See als das flachere Westufer. Der Titisee nimmt den Abfluss des Feldsees auf, sein Ausfluss, anfangs Gutach genannt, vereinigt sich oberhalb Oberlenzkirch mit der Haslach, heisst dann Wutach und ergiesst sich oberhalb Waldshut in den Rhein. Über die Entstehung des Titisees existiert wohl kaum noch eine Meinungsverschiedenheit, denn das ganze Wutachgebiet mit den damit zusammenhängenden Gebieten der Dreisam und Haslach bildet die grösste Ansammlung von glazialen Schuttmassen im Schwarzwalde. Auf dem linken Hange des Titisees befinden sich zahlreiche, teilweise sehr schön geschliffene und geritzte Blöcke von Granit und Feldseeporphyr.

Der an der Ostseite des mächtigen Feldbergstockes auf dem Grunde eines bis 250 *m* tiefen Felsenkessels eingebettete Feldsee ist trotz seiner geringen Grösse (noch nicht 10 *ha*) der drittgrösste See des Schwarzwaldes, zugleich der einzige, der wirklich den Eindruck eines Hochgebirgssees macht und mit dem grossen Teiche im Riesengebirge, allenfalls mit den Felsenzirkusseen der Pyrenäen, einem lac d'Artouste oder lac d'Oo einen Vergleich aushält. Die auf Grund von 61 Lotungen (mittels der Lotmaschine) von Halbfass ermittelte Maximaltiefe von 32 *m* liegt dem steilen Südwestufer bedeutend näher als dem flachen Ostufer; es unterliegt für den Verf. keinem Zweifel, dass der Feldsee ursprünglich weit tiefer gewesen ist und im Laufe der Zeit durch die von den steilen Wänden des Kessels massenhaft heruntergekommenen Felstrümmer immer mehr ausgefüllt wurde, und dass er nur durch den ihn früher bedeckenden Gletscher vor frühzeitiger vollständiger Ausfüllung bewahrt wurde. Von allen Schwarzwaldseen besitzt der Feldsee die steilste mittlere

Böschung und im Gegensatze zum Titisee und Schluchsee eine wirkliche Sohle (plafond), denn die Isobathe von 30 *m* umspannt dort 20 % des Gesamtareals, beim annähernd gleich tiefen Schluchsee nur 5 %.

Verwickelter als der Seeboden des nur etwas grössern Titisees ist der des Schluchsees, welcher bei mittlerem Wasserstande — für die Zwecke der im Beginn des Schwarzathales erbauten Holzstofffabrik können Niveauunterschiede bis zu 3 *m* hervorgebracht werden — eine Maximaltiefe von 33 *m* besitzt, und zwar etwa 900 *m* vom nordöstlichen, 2100 *m* vom südwestlichen Ende entfernt, dem nordwestlichen Ufer etwas näher als dem entgegengesetzten.

Von den erloschenen Seebecken des Feldberggebietes ist das Scheibenlechtenmoos, ein etwa 2 *ha* grosses sumpfiges Terrain in 1099 *m* Seehöhe im Gneisgebiete, westlich überragt von dem 250 *m* höhern Spieshorn, ein sehr charakteristisches Beispiel eines ehemaligen kleinen Zirkussees, der sowohl im N wie im S von sehr steilen Berghängen eingefasst ist. Der ihn ehemals stauende Wall, welcher noch ausgezeichnet erhalten ist, hat eine nur mässige Höhe von wenigen Metern, der Abfluss, der sogenannte Schleifbach, ergiesst sich bei Menzenschwand-Vorderdorf in die Menzenschwander Alb. Im Thale eben dieses Flusses finden sich deutliche Endmoränen $^1/_2$ Stunde oberhalb Menzenschwand-Hinterdorf an einer Stelle ausgeprägt, »in der Kluse« genannt. Ein weit ins Thal vorspringender Schutthügel, über dessen glaziale Natur ein vorhandener Aufschluss kein Zweifel lässt, hat hier einst einen nicht unansehnlichen See gestaut; der Damm, welcher früher zur Stauung des Baches benutzt wurde, war mit einem Schleusenthore versehen, dessen Reste noch jetzt zu sehen sind.

Im Belchengebiete begegnen wir nur einem einzigen natürlichen Seebecken, es ist der etwa $4^1/_2$ *ha* grosse Nonnmattweier in 915 *m* Seehöhe am Ostfusse des 315 *m* höhern Kohlgarten gelegen, die eigentliche Seewand im SW ist aber nur ca. 100 *m* hoch. Dieser See ist nach den Lotungen, die Verf. vornahm, absolut wie relativ der flachste Schwarzwaldsee; seine mittlere Tiefe beträgt kaum 3 *m* und nur innerhalb der mit Gesträuch bewachsenen ehemals freischwimmenden Torfinsel existiert eine Anzahl Löcher bis etwa 7 *m* Tiefe. Auf Laien macht der See durch das eigenartige wallförmige Ostufer den Eindruck eines Kratersees, doch kann von vulkanischen Einflüssen keine Rede sein, vielmehr ist auch hier der glaziale Ursprung sehr wahrscheinlich.

Eine halbe Stunde nördlich von Säkkingen liegt in Laubwald eingehüllt der Wald- oder Scheffelsee, der an Grösse unter den Schwarzwaldseen an vierter Stelle steht. In der Ostecke besitzt er eine natürliche Insel, welche sein Bodenrelief beeinflusst; von seinen beiden Zuflüssen ist der natürliche, das Seebächle im Westen, unbedeutend, der östliche, die Heidenmuhr, ist künstlich von seinem Laufe durch die Mettlermatten abgezweigt und gezwungen worden, den See

zu durchfliessen, damit die Fabriken, welche sich weiter abwärts angesiedelt haben, das Wasser des Baches besser ausnützen können. Die Stauung ist in den letzten Jahren wiederholt erhöht worden.

Die Messungen der Temperatur, welche in den meisten der erwähnten Seen vorgenommen wurden, sind zu wenig zahlreich, um sichere Rückschlüsse aus ihnen ziehen zu können. Bis auf zwei Reihen von Messungen im Schluchsee und eine Serie im Scheffelsee fanden sie sämtlich im Oktober 1897 statt und ergaben für die flachen Seen (Herrenwieser-, Schurm-, Hutzenbachersee) eine deutlich wahrnehmbare Sprungschicht nahe der Oberfläche, welche beim zuerst genannten See so energisch ausgeprägt war, dass innerhalb eines halben Meters von $1^1/_2$ zu 2 *m* die Temperatur um 3° abnahm, für die tiefern Seen eine solche in bedeutend grösserer Tiefe.

Die Seen des Böhmerwaldes behandelte Paul Wagner in einer geologisch-geographischen Studie, die zugleich einen Beitrag zur Lösung des Karproblems bieten soll[1]). Zusammenfassend bemerkt Verf. zur Topographie folgendes:

1. Die Höhenlage der Seen bewegt sich nur zwischen engen Grenzen; sie schwankt zwischen 925—1093 *m*, also nur innerhalb eines 168 *m* breiten Gürtels. Nachbarseen liegen nahezu in demselben Niveau, so dass wir folgende Paare erhalten:

Arberseen	9 *m*	Differenz
Schwarzer und Teufelssee	22 »	»
Lakka- und Stubenbacher See . . .	17 »	»

Der Rachelsee und der am höchsten gelegene Plöckensteinsee bilden zwei isolierte Etagen. Das Bild ändert sich nur wenig, wenn wir anstatt der Höhe der Seespiegel die Sohlenhöhe einsetzen.

2. Alle Seen sind (in derselben Weise wie im Schwarzwalde und in den Vogesen) eingesenkt unterhalb der höchsten Gipfel des Gebirges, die sämtlich über 1300 *m* hoch liegen. Wenn wir für den Rachelsee nicht den Rachelgipfel, sondern den 1300 *m* hohen anschliessenden Rücken als Höhepunkt der Seewand ansehen, so erhalten wir für sämtliche Kulminationspunkte nur eine Schwankung von 1300—1391 *m*.

3. Daraus folgt, dass auch die relative Höhe der Seewände eine sehr gleichartige ist und den übereinstimmenden landschaftlichen Charakter der Becken bedingt.

4. Alle Seen — mit Ausnahme des Rachelsees — sind nach N bis O exponiert, eine Thatsache, die bereits von Partsch und Bayberger hervorgehoben und in nicht überzeugender Weise mit den begünstigten Schneeanhäufungen im Wind- und Sonnenschatten in Beziehung gesetzt wurde.

5. Nach ihrer Flächengrösse gehören die Seen zu den kleinsten derartigen Becken; ihr Areal schwankt zwischen 2.5 — 18 *ha*. (Fischsee in der Tatra 33 *ha*, Weisser See in den Vogesen 29 *ha*).

6. Die Niederschlagsgebiete, die zum Teil künstlich vergrössert sind (Rachelsee), schwanken zwischen 50—220 *ha*.

7. Setzen wir die Grösse der Niederschlagsgebiete in Vergleich zu den Seearealen, so erhalten wir interessante Beziehungen zum Grade der Versumpfung. Je bedeutender die relative Grösse des Niederschlagsgebietes, desto mehr wird dem See Ausfüllungsmaterial zugeführt, desto rascher muss also der Prozess der Verlandung vorwärtsschreiten. Und in der That

[1]) Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig. 4. Leipzig 1899.

stehen die gefundenen Zahlen beinahe im reziproken Verhältnis zu den mittlern oder Maximaltiefen. Wenn beim grossen Arbersee das Niederschlagsgebiet das 50fache, beim Rachelsee das 40fache der Seefläche beträgt, wird naturgemäss die Verlandung rascher vor sich gehen, als beim Schwarzen See, wo wir nur das Verhältnis 1 : 5.7 finden.

8. Die Tiefe der Seen erscheint uns in verschiedenem Lichte, je nach dem Vergleichsobjekte, zu dem wir sie in Beziehung setzen. Ein Blick auf die Profile belehrt uns, dass die Tiefen ausserordentlich gering sind im Vergleiche zur Höhe der Seewände. Selbst der tiefste, der Schwarze See, wird durch seine Seewand noch um das 8.5fache übertroffen, ähnlich der Teufelssee. Noch viel bedeutender ist die Differenz beim grossen Arber- und Rachelsee, wo sie das 27—29fache beträgt — ganz abgesehen von den beiden Seen, die mehr den Charakter eines abgedämmten Flusses tragen. Solche Betrachtungen sind geeignet, die landläufigen Vorstellungen von der Unergründlichkeit der Seebecken abzuschwächen.

9. Anders gestaltet sich das Verhältnis, wenn wir das Areal berechnen, das durchschnittlich auf 1 *m* Tiefe kommt. Geistbeck giebt als Mittel für Vorlandseen 78.8 *ha*, für Gebirgsseen 17.09 *ha*, für den Urnersee 8.77 *ha* und knüpft an diese Zahlen die Behauptung, dass alle Vorlandseen relativ seicht sind. Unsere Seen zeigen bei dieser Betrachtung bedeutend grössere Tiefe. Bei keinem See erreicht das Areal pro 1 *m* Tiefe auch nur 0.5 *ha*, beim Stubenbacher See, der im Verhältnis zu seiner Grösse die bedeutendste Tiefe besitzt, nicht $^1/_4$ *ha*.

10. Die Beckenformen zeigen durchaus nicht die Einheitlichkeit, die man erwarten konnte. Der Schwarze See z. B. hat eine tiefe Wanne direkt unter der Seewand und nach vorn nur ein flaches Ansatzstück. Der Stubenbacher und Teufelssee haben die regelmässigste Beckenform mit der Maximaltiefe in der Mitte, ebenso der Rachelsee, wenn wir die künstliche Stauungsfläche entsprechend reduzieren. Der Plöckensteinsee endlich hat seine tiefste Stelle weit vorn, in der Nähe des Ausganges. Die übrigen Seen erscheinen als langgestreckte, abgesperrte Thalwannen von geringer Tiefe.

11. Das Volumen des Wassers schwankt bei den verschiedenen Seen zwischen $^1/_4$ und 3 Millionen Kubikmetern.

12. Der Seebach fliesst mit einer Neigung von ca. 10° abwärts, so dass am Ausflusse desselben eine Gefällsknickung des Thales vorhanden ist.

Formentypus der Böhmerwaldseen.

Wenn wir die Seebecken des Böhmerwaldes jetzt unter die Klasse der Kare einreihen, so fassen wir diesen Begriff etwa in dem Sinne, wie ihn Penck in seiner Morphologie giebt: »eine nischenförmige Einbuchtung im Gebirgsgehänge, welche sich ähnlich wie ein zirkusförmiger Thalschluss in die Gebirgskämme eindrängt, aber sich nicht in die Thäler fortsetzt, sondern isoliert gewöhnlich nahe den Scheidelinien gelegen ist.«

Thermische Erscheinungen.

1. Alle Zuflüsse der Seen zeigten eine fast übereinstimmende Temperatur von 9—10°. Wurden dieselben dagegen direkt an der Quelle gemessen, so stellten sich nur 4—5° heraus.

2. Alle Abflüsse hatten wesentlich höhere Ziffern. Je nachdem zufällig erwärmenden Einflusse betrug die Temperaturerhöhung 3—5°. Einige Kilometer bachabwärts geht jedoch dieser Wärmegewinn wieder verloren und die Wassertemperatur nähert sich wieder der der Zuflüsse.

3. Die Lufttemperaturen waren bei der herrschenden Witterung meist niedriger als die des Wassers. Es erhellt daraus, dass die Seen oft für die Umgebung zu einer Wärmequelle werden. Ob daraus aber eine klimatische und phänologische Bedeutung für die Uferlandschaft herzuleiten ist, steht bei der Kleinheit der Becken sehr in Frage.

4. Alle Seen sind kalt; denn wir finden in allen eine mehr oder weniger mächtige Schicht von 4—5° C. In zwei Fällen wurde diese Temperatur selbst noch an der Oberfläche im Juni und Juli nachgewiesen

Die Seen sind kalt, auch im Verhältnis zu dem sonst ganz gleichgearteten Weissen See bei Urbeis, der ungefähr in derselben Jahreszeit erst bei 17 *m* Tiefe seine Sprungschicht zeigte. Nach Richter ist überall da die Hauptmasse des Wassers nahe der Temperatur der Maximaldichte desselben, wo die Wintertemperatur der Luft längere Zeit unter 0° sinkt. Wenn der höchste Grad der Erwärmung (nach Richter) Ende August fällt, so haben wir einen weiteren Beweis für die Kälte der Seen Unsere Erfahrungen am Stubenbacher und Lakkasee berechtigen uns zu der Annahme, dass wir es hier nicht nur mit einer Konservierung der Wintertemperatur und der Abkühlung durch Schmelzwässer bis in den Frühsommer zu thun haben, sondern dass unterseeische Quellen fortwährend neues, kaltes Wasser zuführen.

5. Bei der kühlen Spätsommerwitterung, in der die Untersuchungen stattfanden, konnten überall vier Regionen unterschieden werden:

a) eine Oberflächenschicht mit langsamer Wärmeabnahme,
b) eine Sprungschicht, in der die Temperatur rapid auf ca. 7.5° sinkt,
c) eine Übergangsschicht, mit langsamer Abnahme bis zu 5°,
d) eine Tiefenschicht mit nahezu konstanter Temperatur von 5—4.5°.

In der Sprungschicht war meist oben eine etwas raschere Abnahme, als unten.

6. Die seichten Seen wiederholen das Bild der tiefen, nur gedrängter. Naturgemäss hat der tiefste See auch die mächtigste erwärmte Oberflächenschicht. Die Kurven der seichten Seen kreuzen sich bei 3 *m* Tiefe, in der sie alle 12° zeigen.«

Der Standpunkt der bathometrischen Erforschung der italienischen Seen wurde von Dr. Giovanni de Agostini geschildert[1]). Die ersten Seen, welche in Italien methodisch untersucht wurden, sind der Moncenisio-, der Avigliana- und der Trana-See. Die Lotungen wurden im Jahre 1865 vom Geometer L. Dallosta vollzogen, welcher auch eine bathometrische Karte aller dieser Seen entwarf.

Im Jahre 1867 wurde vom Ingenieur G. Spezia der Mergozzo-See erforscht; im Jahre 1884 die Seen von Varese, Biandronno, Varano und Monate von dem Ingenieur G. Quaglia. In demselben Jahre erforschte der Ingenieur F. Salmojraghi den Iseo-See, und im Jahre 1887 wurden die Lotungen im Lago Maggiore (Langen-See) und Garda-See durch das k. hydrographische Marine-Amt vollendet.

Es folgte im Jahre 1893 die Erforschung des Cavazzo-Sees von dem Prof. O. Marinelli, des Piediluco-Sees von Attilio Mori; derjenigen von Candia und Viverone vom Verf.; im Jahre 1894 der Seen von Alserio, Pusiano und Annone von Dr. S. Crotta; des Lago Morto, des Sees von Santa-Croce und des Lago die Lago von O. Marinelli, des Orta-Sees vom Verf.

Prof. O. Marinelli untersuchte im Jahre 1895 den Aleghe-See, und den Pergusa-See im Jahre 1896; in demselben Jahre begann Verf. die Lotungen an dem Bolseno-See, die er im Jahre 1897 zu Ende führte; im Jahre 1897 vollzog derselbe ferner die Aufnahme der römischen Seen von Vico, Martignano, Bracciano, Albano und Nemi.

---

1) Verhandlg. d. 7. Internationalen Geographenkongresses zu Berlin 1899. Potonié's Wochenschr. 1899. p. 490.

Im verflossenen Jahre beschäftigte er sich mit dem Studium der Seen von Canterno, Matese, Averno, Monticchi, S. Giovanni Rotondo, Fimon, Idro, Endine, Mezzola, Garlate und Olginate.

Während eines Teiles der Jahre 1898 und 1899 erforschte Verf. den Como-See. Auf Grund von etwa 5000 vollzogenen Tiefenmessungen wurde es ihm möglich, eine ausführliche bathometrische Karte im Massstabe von 1:25000 zu verfertigen. Diese grosse Karte (etwa 5 *qm*) mit Wasserfarben gezeichnet, und mit Tiefenlinien (Isobathen) von 25 zu 25 *m*, war im Monat Juni in der Ausstellung von Como ausgestellt; unglücklicherweise wurde sie in dem Brande am 8. Juli vom Feuer vernichtet. Den Bemerkungen, die zu der Zusammensetzung dieser Karte gedient hatten, sind folgende Angaben entnommen, welche sich auf die Bodenformen dieses allbekannten italienischen Sees beziehen. Der Boden des Comer-Sees ist aus zwei besondern Becken gebildet: das erste reicht von der Mündung des Adda-Flusses (Colico) bis Lecco; das andere umfasst den ganzen Teil von Belaggio-Griante bis Como.

Das Becken von Colico-Lecco fängt mit schwacher Neigung an; $^1/_2$ *km* weit von der Mündung der Adda hat es eine Tiefe von 50 *m*; zwischen Colico-Trezzone 100 *m*; zwischen Domaso-Montecchio-Sud 150 *m*; zwischen Musso-Olgiasca 200 *m*. Von hier und durch 4 *km* nach Süden ist der Seeboden fast eben, dann zwischen Dervio und Rezzonico, wo das Becken sich verengt, bildet er eine unterseeische Erhöhung: die maximale Tiefe ist hier 197 *m*.

Von Dervio bis Bellagio scheint in ersichtlicher Weise der Zentralboden abgeschlossen von einer unterseeischen Erhöhung nach der Tremezzina und geöffnet nach Lecco bis Onno-Mandello, wo sich eine zweite unterseeische Erhöhung befindet. Die grösste Tiefe dieses breiten Bodens (Bellano—Punta di Gaeta—Menaggio—Bellaggio—Fiumelatte—Varenno—Punta di Moreate) ist 286 *m*.

Bei der Einmündung des Seezweiges von Lecco fängt der Boden zu steigen an: zwischen S. Vito—C. Pianca ist die Tiefe 250 *m*, zwischen Castello di Lierna—Madonna del Moletto 200 *m*; zwischen Olcio—Vassena 150 *m*, und 102 *m* zwischen der Mündung des Flusses von Mandello und Onno, wo der See sich zu verengen anfängt. Südlich von Mandello fällt der Boden bis 132 *m*, um fast gleich wieder aufzusteigen bis 123 *m* bei Punta di Abbadia sopr'Adda. Von dieser letzten Erhöhung bis Lecco ist die grösste Tiefe von 148 *m* gegenüber den Fornaci bei Osteria della fame. Dann steigt der Boden des Sees stufenweise bis Lecco, wo die Gewässer ihren Abfluss durch die Adda haben.

Das Comer Becken ist das tiefste: Es fängt mit 144 *m* an bei der Einmündung des Seezweiges von Como zwischen Bellagion-Griante und fällt dann äusserst rasch. Der Boden ist 200 *m* tief zwischen Cadenabbia und Villa Melzi, 250 *m* zwischen Villa Carlotta und San Giovanni, 300 *m* zwischen Tremezzo und Villa Bezzano, 350 *m*

zwischen Azzano und il Ponte del Diavolo, 400 *m* zwischen Argegno und Punta della Cavagnola; zwischen hier und Nesso erreicht der See seine grösste Tiefe in 410 *m*.

Die Tiefen von 400—410 *m* befinden sich zwischen Argegno—Punta della Cavagnola und dem Stapelplatz Torrigia—Val di Nera: das ist längs einer Strecke von 6 *km*. Von hier an nehmen die Tiefen ab: 350 *m* zwischen Germanello und Quarzano, 300 *m* zwischen Laglio und Pognana, 250 *m* zwischen Punta di Torno und Punta di Moltrasio, 200 *m* zwischen Villa Taverna und Vergonzano, 150 *m* zwischen Villa Trubezkoi und dem Stapelplatze Cernobbio, 100 *m* zwischen Punta di Geno und Villa Flori, 50 *m* zwischen Punta di Geno und Villa l'Olmo nicht weit von Como.

Hochseen in den Pyrenäen. Ét. Ritter und A. Delebecque haben im August 1898 in den Pyrenäen 22 bisher noch nicht näher bekannt gewesene Hochseen ausgelotet. Von den elf in dem Massif de Carlitte (Ostpyrenäen) gelegenen ist der Lac Noir mit 24.5 *m* der tiefste, während sich der Lac de Pradeilles und der Lac de las Dongues dadurch auszeichnen, dass sie sowohl nach Frankreich, als nach Spanien abfliessen, nämlich zugleich in die Tet und die Sègre (einen Nebenfluss des Ebro); vier Seen liegen in der Nähe von Barèges (Dép. Hautes-Pyrénées), deren tiefster, der Lac de Louey-Négré (34.1 *m*), zugleich ausserordentlich durchsichtig ist; die Sichttiefe der Secchi'schen Scheibe beträgt in ihm 19.5 *m*. Fünf Seen endlich liegen in den Westpyrenäen unweit vom Pic du Midi d'Ossan; der Lac Barsaou (32.5 *m* tief) fliesst unterirdisch ab. Bis auf den Lac d'Oucet (II. Gruppe), der durch Erdstürze entstanden zu sein scheint, und den Lac Barsaou, sowie den Lac Rosnascot (III. Gruppe), die den Charakter von Karstseen tragen, sind die übrigen Seen als Glazialseen zu betrachten [1]).

Der Ngami-See in Südafrika ist 1896 von S. Passarge besucht worden [2]). Die weite Wasserfläche, die sich dort einst ausdehnte, ist verschwunden, und an ihrer Stelle dehnt sich eine braune, tote Schilffläche aus, deren trügerischen Boden man nur mit Vorsicht betreten darf. Denn man versinkt in dem weichen, aus thonigem, aschenreichem Staube bestehenden Boden, der die Lücken zwischen den Wurzeln des Rohres ausfüllt. Zwar enthält der See in seiner Tiefe noch Grundwasser, allein die Brunnen sind meist etwa 20 Fuss tief, und das Wasser ist oft brackisch. Früher rollte der Tauche-Fluss seine Fluten in den Ngami, und Andersson, der erste Reisende, der diesen Fluss befuhr, schildert ihn als tief, wenn auch wenig breit. Heutzutage sind die Arme dieses Flusses, die sich einst in den Ngami ergossen haben, trocken, der Fluss versiegt etwa 20 miles nördlich vom See. Da aber der Tauche das Wasser für den Ngami

[1]) Geogr. Zeitschr. No. 2.
[2]) Verhdlg. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1899. No. 4. p. 197.

lieferte, so trocknete der See sehr schnell aus. Dieser Austrocknungs-Prozess ging im Laufe der letzten zehn Jahre rapid vor sich. Denn vor etwa zehn Jahren erreichte der Tauche zum letzten Male den See. Im Jahre 1896 war derselbe bereits verschwunden, und jetzt durchqueren ihn schon an einzelnen Stellen Fusspfade. Die Ursache der Trockenlegung beruht auf der allmählichen Wasserabnahme des Okavango, einem Prozess, der mit der nachweislich seit Tausenden von Jahren stattfindenden Trockenlegung des zentralen Südafrika zusammenhängt. Aber die plötzliche, d. h. in wenigen Jahren eingetretene Trockenlegung der letzten Arme der Tauche, beruht angeblich auf künstlicher Verstopfung durch die Tausende von Schilfflössen, auf denen die abhängigen Makoba den jährlichen Tribut an Korn zur alten Batauana-Hauptstadt Denokana schafften. Indem eine grosse Anzahl dieser Flösse alljährlich an einer bestimmten Stelle des Tauche, wo derselbe nicht mehr schiffbar wurde, oberhalb der alten Stadt Denokana in dem Flussbette liegen blieb, wurde letzteres durch Versandung verstopft und die flussabwärts gelegenen Arme trocken gelegt. Diese interessante Erklärung geben die Eingeborenen selbst.

Einmal des regelmässigen Zuflusses beraubt, trocknete der See schnell aus. Das Schilf starb ab, der Boden trocknete aus, der Anbau von Korn, der früher in dem abgebrannten Röhricht in grossem Umfange stattfand, wurde unmöglich. Die zahlreichen Dörfer wurden verlassen, und jetzt sind die Ufer des Sees nahezu unbewohnt. Feldbau existiert an ihm überhaupt nicht mehr, nur einige Vieh-Kraale sind in seiner Nähe zu finden.

Das Land hat damit einen Schritt in der Entwickelung weiter gethan, die es seit vielen tausend Jahren gegangen. Das Verlorene ist unwiederbringlich verloren. Nie wird der See wieder mit Wasser angefüllt werden, selbst wenn man die verstopften Arme des Tauche öffnen wollte; denn der ausgetrocknete pulverige Boden würde so viel Wasser verschlingen, dass auch der Tauche zur Anfüllung des ganzen Beckens kaum ausreichen würde.

Grösste Tiefe des Nyassa-Sees. Die Morre'sche Expedition hat durch Lotungen auf dem Nyassa eine grösste Tiefe von 785 *m* festgestellt. Seit der ersten Befahrung des Sees durch Livingstone war es bekannt, dass im Nyassa grosse Tiefen vorhanden sind, doch waren seitdem alle gelegentlichen Versuche, die Maximaltiefe ausfindig zu machen, an der unzureichenden Länge der Lotleinen gescheitert. So hatten Leutnant Gurney's Messungen in der nördlichen Hälfte des Sees ergeben, dass dort auf einer beträchtlichen Fläche die Tiefe 550 *m* übersteigen müsse. Der Süden erschien flacher, immerhin hatte Dr. Cross auch hier an einer Stelle in 360 *m* noch keinen Grund gefunden. Wo die von Morre gemessene grösste Tiefe des Nyassa liegt, geht aus seinem kurzen Berichte an die Londoner Geographische Gesellschaft nicht hervor[1]).

[1]) D. Rundsch. f. Geogr. 1899. p. 92.

Das Gebiet der Seen Sselety-Denyis, Teke und Kysyl-kak südlich von Omsk ist von L. Berg, W. Jelpatewski und P. Ignatoff 1898 untersucht worden. F. Guse giebt von den Ergebnissen folgenden kurzen Bericht[1]). Das Gebiet (zwischen 55° und 53° nördl. Br.) gehört zur Übergangszone zwischen Taiga und Steppe. Bei Omsk unter 55° nördl. Br. wurde im Juni und August gefrorener Boden in 30 *cm* Tiefe gefunden, — wohl Inseln, entstanden durch lokale Bedingungen, da die Südgrenze des gefrorenen Bodens sonst durch Beresow geht und den Jenissei unter 64° nördl. Br. schneidet (nach Jatschewski). Das Gebiet war wohl immer Steppe, nur war der Wald früher in den Schluchten und längs der Wasserläufe weiter verbreitet, wie einzelne Bäume und Baumstumpfe beweisen. Kysyl-kak bedeutet roter salziger Schlamm. Die rote, bezw. rotbraune Wasserfarbe rührt von einer Infusorie Monas Dunalii her; ausserdem lebt im See sehr zahlreich eine Krebsart Artemia. Das Wasser ist fast salzgesättigt, und das abgesetzte Salz wurde früher hier von den Kirgisen abgebaut. In den letzten vier Jahren fanden reichlichere Niederschläge statt, und das Salzansetzen hat aufgehört. Der See friert nie zu, die Tiefe ist nirgends über $1^1/_2$ *m*. Die Ufer bestehen aus einem lössähnlichen, sandigen Lehm ohne Kalkbeimischung. In einem der Zuflüsse, namens Dshambai-ssai, wurden Karauschen gefunden. An den Ufern sind viele Vögel. Nicht weit vom Südufer des Kysyl-kak finden sich viele Süsswasserteiche, der grösste mit 90 *m* Durchmesser und etwas über 1 *m* Tiefe; hier leben viele Süsswasserkrebse.

Der Bittersalz-See Sselety-Denyis (= Meer) 65 *km* lang, 8 bis 25 *km* breit, ist zweimal so gross wie der Genfer See, hat aber nur 3 *m* grösste Tiefe (im Nordteile). Der Südteil ist durch die Anschwemmungen des Sselety-Flusses sehr flach. Das bittersalzige Wasser hat grüne Farbe und ist sehr durchsichtig, so dass man überall den dicht mit Wasserpflanzen bedeckten Grund sieht. Die Fauna besteht hauptsächlich aus Krebsarten. Ausserdem Wasserkäfer, ferner Insektenlarven, welche Wasservögel in Mengen herbeilocken. An der Mündung des Sselety-Flusses finden sich Unmengen von Enten, Gänse und Limosa melanura. Treibende Wasserpflanzen bedecken den Fluss stellenweise so dicht, dass man darauf gehen kann. Die Ufer sind flach und waldlos, nur am Nordufer befindet sich ein kleines Birkenwäldchen.

Der Teke-See, 21 *km* lang und 13 *km* breit, ist umgeben mit einem Gürtel von Schlammbänken, die mit dünner Sandschicht bedeckt sind. Auch hier wurde bis vor drei Jahren Salz gebrochen, jetzt setzt sich nur noch am Boden Salz in grossen würfelförmigen Krystallen ab. Das salzgesättigte Wasser sieht schmutzig milchfarben aus. Bemerkenswert ist der auch an andern Salzseen beobachtete Veilchengeruch. Die Wasserzunahme in den letzten Jahren

[1]) Verhandlgn. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1899. No. 7.

ist hier wie bei dem Kysyl-kak nur zufällig, im allgemeinen sind alle diese Seen im Austrocknen begriffen.

Das Ecsedermoor, welches vor kurzem trocken gelegt wurde, schildert Dr. G. Czirbusz[1]). Der grösste Umfang desselben betrug bis Mitte dieses Jahrhunderts sieben Meilen, wovon aber nur 280 bis 290 *qkm* ständig unter Wasser waren, das übrige gehörte dem Überschwemmungsgebiete an. »Die flache Wanne des Wiesenmoores liegt längs des linken Ufers des Szamosflusses und dürften vielleicht durch Anhäufung der Überschwemmungssedimente entstanden sein, womit sich der Fluss vom Sumpfe selbst abgedämmt und die Mündung der Kraszna nördlicher gerückt hatte. Beide Flüsse setzen nämlich einen grossen Teil ihres Schlammes in das Moor ab, darum staute die Kraszna nicht nur beim Eisgange und Hochwasser des mäanderreichen Szamos, sondern auch beim mittlern Wasserstande beider Gewässer, und die Versumpfung griff mittels Verfilzung der Wasserpflanzen rapid um sich. Am Anfange dieses Jahrhunderts war die Ausfüllung des Beckens bereits so weit vorgeschritten, dass die Kraszna auf der wenig geneigten Szatmarer Ebene sich dreiteilen musste. Ein Arm floss in den Berettyó (Berettjo), dieses alte Krasznabett bei Szt. Mihály ist noch heute sichtbar; der östliche Arm floss am nördlichen Rande des Moores bei Györtelek in den Szamos, der Hauptfluss behielt seine nördliche Richtung, durchquerte das Moor und den kleinen Ecsedersee, schickte nochmals einen Seitenarm gegen Geberjény nach dem Szamos und gelangte endlich zu drei Vierteln entwässert neben Olcsva Apáti in den Szamos. Da auch der Homoród- und Balkánbach parallel mit dem Szamos fliessen, und die Kraszna sich nicht entschliessen konnte, wo sie ihre Mündungsstelle nehme, dürfte wohl das Ecsederwiesenmoor das Ausfüllungsbecken einer Senkung darstellen, welche in der trachytischen Mulde des ungarischen Alfölds zwischen dem Tokajer-Vihorlat und Nagybányaer Trachytgebirge und dem diluvialen Sandplateau des Nyirség sowohl den Lauf der Theiss, wie auch den des Szamos voraus bestimmte.

Man teilt das Ecsedermoor in ein kleines und ein grosses Moor; nur das grössere Moor hat ständiges, 1—3 *m* tiefes Wasser. Unglaublich mag es klingen, doch entspricht es den thatsächlichen Verhältnissen, dass das Szamosufer über dem Moore 6—8 *m* höher liegt, trotzdem den Untergrund beider ein und derselbe Thon bildet, demzufolge ist auch der lose nördliche Rand des Moores um etwas höher als der festere südliche Rand. Die Neigung des Niveaus längs des Moores beträgt 28 *cm* pro Kilometer, quer durchs Moor 70 *cm*. Das Niveau der Kraszna bei ihrem Eintritte in das Moor ist 116 *m* über dem Adriatischen Meere, die Mündung derselben bei Olscva Apáti in den Szamos 114 *m*. Die Länge des grössern

---

[1]) Umlauft's Geogr. Rundschau 1899. 21. p. 503.

Moores in der Luftlinie ist 34 *km*, seine schmalste Stelle zwischen Csaholy und Kocsord 5 *km*. Der nördliche Uferrand war vor der Entsumpfung 39 *km* lang, der südwestliche 40 *km*. Rings um das Moor liegen 14 Ortschaften (Dörfer), deren Bewohner sich ausser mit Landwirtschaft mit Fischerei und mit Flechten von Binsenmatten, Körben u. s. w. ihren Unterhalt zu verdienen suchten.

Die Trockenlegungsarbeiten begannen am 1. Mai 1895 und gipfelten in der Anlage eines neuen Kanals, der in die Theiss mündet und 66.45 *km* Länge besitzt. Durch die Trockenlegung wurden 167000 Katastral-Joch frei, darunter 50000 Joch Moorflächen. Die Urbarmachung der Moorgründe ist erst nach einigen Jahren möglich, da das meilenweit wuchernde Riedgras durch Büffel niedergetreten oder allmählich ausgerottet werden muss, bis Tabak, Raps, Kukuruz gesäet werden können. Auch stagniert jetzt noch viel Sumpfwasser, welches man mittels vier Abzugskanälen an den Rändern des entsumpften Ecsedermoores durch das alte Kraszna- und Szamosbett in den Szamosfluss führt.«

12. Gletscher und Glazialphysik.

Beobachtungen über die Gletscher von Sulitelma und Ålmajalos hat 1897 und 1898 J. Westman angestellt[1]).

Auf dem Skandinavischen Höhenrücken finden sich zwischen dem 67. und 68. Breitengrade an der Reichsgrenze mehrere recht bedeutende Gletscher. Ihren südlichsten Komplex bilden die Sulitelmagletscher, deren Mittelkoordinaten 67° 8′ nördl. Br. und 16° 25′ östl. L. v. Gr. sind. Im N dieser Gruppe liegen der Ålmajalosjekna[2]) auf 67° 15′, der Rakkokjekna auf 67° 25′, Gautelestuoddar auf 67° 28′ und der Rakkojekna auf 67° 31′, welche zum grössern Teile östlich von der Reichsgrenze gelegen sind. Weiter nach O finden sich nicht unbedeutende Gletscher auf den Abhängen des Kaissiget bei 67° 8′, des Jeknafo bei 67° 9′, des Kissouris bei 67° 30′ und des Rautoåive bei 67° 44′ nördl. Br.

Für zwei dieser Gletscher, nämlich den Salajekna, der mit dem Stuorajekna zusammen die Hauptmasse der Sulitelmagletscher östlich von der Reichsgrenze bildet, und den Ålmajalosjekna existiert eine Beschreibung von Wahlenberg (1808), dagegen sind die übrigen genannten Gletscher noch nicht näher untersucht. Auf Anregung von Dr. Svenonius unternahm Verf. im Sommer 1897 eine Reise nach diesem Gletschergebiete, um für die internationalen Gletscheruntersuchungen einen Beitrag zur Kunde dieser Gegend zu liefern. Er besuchte damals hauptsächlich den Salajekna, Stuorajekna, Kaissigetsjekna und Jeknafojekna. Im Sommer 1898 wurde die

---

[1]) Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala 1898. Upsala 1899 4. Part 1. No. 7. p. 45 ff.

[2]) Jekna ist die lappländische Bezeichnung für Gletscher.

Arbeit fortgesetzt, wobei er, ausser den genannten, auch den Ålmajalosjekna und ein paar norwegische Gletscher auf der Nordseite des Sulitelma untersuchte.

Sein Hauptaugenmerk richtete er auf eine genaue Fixierung der gegenwärtigen Ausdehnung der Gletscher und speziell der Lage ihrer Vorderkanten, um einen sichern Ausgangspunkt für spätere, systematische Untersuchungen ihrer Variationen zu schaffen. Zu diesem Zwecke sind die Gletscher von verschiedenen, mit grossen Steinhaufen gekennzeichneten Punkten, photogrammetrisch aufgenommen. Ausserdem hat er Beobachtungen über die Bewegung der Gletscher, die Abschmelzung von Eis und Schnee, das spezifische Gewicht des Eises, die Temperaturverhältnisse in der Nähe der Gletscher, in Oberflächenrinnsalen und Gletscherbächen, die Moränen u. s. w. gemacht.

Das Sulitelma-Gletschergebiet zerfällt auf der schwedischen Seite in drei getrennte Teile. Im S und W des Bergkomplexes: Störstetoppen, Svenska Sulitelma, Kaskavare, Metjerpakte und Labba breitet sich der Gletscher Salajekna bis zur Reichsgrenze hin aus, wo ein niedriger Bergrücken zwischen dem Störstetoppen und dem Lairothale die natürliche Grenze zum Södra Sulitelma-Gletscher bildet. Nordöstlich von der erstgenannten Berggruppe erstreckt sich der Stuorajekna bis zu einer andern natürlichen Barrière, welche vom Svenska Sulitelma, Lullevare und Unna Kasak gebildet wird. Auf den steilen Nordostabhängen dieser Barrière findet sich ein drittes Gletschergebiet, das aber im Vergleiche mit den beiden erstgenannten ziemlich unbedeutend ist. Es hängt mit dem Stuorajekna durch einen 0.7 *km* breiten Sund zwischen dem Lullevare und Unna Kasak und einen an der schmalsten Stelle 73 *m* breiten Eisstreifen südöstlich vom Unna Kasak zusammen.

Verf. hat nach eigenen Aufnahmen eine Karte des Gletschergebietes entworfen und zahlreiche photographische Abbildungen gemacht. Auf die einzelnen Beobachtungen kann hier nicht eingegangen werden. Von 1897 auf 1898 fand sich ein Rückgang der Gletscher. Oberflächenmoränen kommen hier wie bei den norwegischen und grönländischen Gletschern nur selten vor, dagegen ist der untere Rand fast überall von einer Zone blossgelegter Randmoränen umgeben, deren Breite sehr verschieden ist, aber bis zu 270 *m* betragen kann.

Der Drygalski-Gletscher des Kilima-Ndscharo. Gelegentlich seiner jüngsten, vierten Expedition im äquatorialen Ostafrika 1898 hat Dr. Hans Meyer am Westabhange vom Kibo-Gipfel des Kilima-Ndscharo gewaltige Gletscher entdeckt und darüber berichtet[1]. »Die Eisbedeckung,« sagt er, »die auf der ganzen Nordost- und Nordseite des Kibo nur als eine relativ schmale Krone dem horizontalen Oberrande des Berges aufgelagert ist, senkt sich im NW plötzlich über 1000 *m* tiefer herab und gestaltet die Westseite des Kibo

[1]) Verhandlungen d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 26. 1899. No. 1. p. 88 ff.

zu einem majestätischen Eisdome, von dessen Unterrand drei mächtige Zungen als Gletscher erster Ordnung sich herabwinden. Von diesen drei Gletschern hat keiner der frühern Reisenden etwas erwähnt. Ich fand die schönsten Rundhöcker, erratischen Blöcke und Grundmoränen, und besonders eine mächtige Seitenmoräne, wie ein hoher Eisenbahndamm mehrere Kilometer lang. Einen halben Tag weit oberhalb dieses alten Gletscherterrains kletterten wir endlich über eine junge Endmoräne hinweg auf die Stirn des mittelsten der drei Westgletscher, 4860 *m* hoch, und hier taufte ich den zum erstenmale eroberten Gletscher nach meinem verehrten Freund Erich v. Drygalski, dem Grönland-Reisenden und Eisforscher, »Drygalski-Gletscher«. Ungefähr 1200 *m* breit und etwa 2000 *m* lang erstreckt sich die Eiszunge auf ziemlich leicht geneigtem Boden vom grossen Eismantel des Kibo her. Alle drei Gletscher gliedern sich, getrennt durch Felsgrate, vom Eisdom des Kibo an einer steilen Terrainstufe ab, oberhalb deren sich der geschlossene Eisdom in viel stärkerer Steigung erhebt. Nach S hin aber begrenzt und unterbricht diese Eismassen jene kolossale Westkluft des Kibo, die ich 1889 vom westlichen Unterlande her entdeckt habe; sie ist ein ungeheurer Barranco, in den oben bei 5700 *m* der Kraterzirkus des Kibo durch eine breite Scharte einmündet.

Die Oberfläche des Drygalski-Gletschers wie seiner Nachbarn glaubte ich erst in ein Netz unzähliger Spalten zerrissen zu sehen. Es sind aber Rinnen, die vom abfliessenden Schmelzwasser bis 3 *m* tief in die Eisoberfläche gesägt worden sind und ebenso viele senkrechte Eistafeln und Eisgrate zwischen sich stehen haben. Über dieses Eis hinauf den Kibo-Gipfel zu besteigen, ist absolut unmöglich; man würde keine 100 *m* weit kommen. Bei Untersuchung der Eisstruktur fand ich wohlausgebildetes Gletscherkorn bis zur Hühnereigrösse, ferner Druckschichtung des Eises und Anordnung der Luftblasen und Schmutzflocken zu ebenen, horizontalen Lagen. Dann stiegen wir auf der rechten Ufermoräne bergan, die unter der Schuttdecke einen dichten Eiskern birgt und auf diesem reich an schönen Gletschertischen ist, während die Gletscheroberfläche selbst keine solche hat. Die Seitenflanken des Gletschers kehrten uns ihre meist senkrechten, bis 20 *m* hohen Eiswände zu, die vom Schmelzwasser und der Sonnenstrahlung in Formen modelliert sind, welche Drygalski an grönländischen Gletschern polygonale Felderung nennt. Die Schmelzwasser fliessen vorwiegend am Längsrande des Gletschers entlang ab; ein Gletscherthor an der Stirn giebt es nicht oder doch nur in sehr geringer Ausbildung. Nach allen meinen Befunden, über die ich an anderer Stelle eingehend berichten werde, haben wir es also hier nicht mit vereisten Firnmassen zu thun, wie im Kibo-Krater, sondern mit bewegtem Gletschereise. Die Bewegung des Gletschers ist nicht gross, denn sonst könnten sich die Schmelzformen nicht so tief ausbilden, und nicht so wenige Spalten vorhanden sein. Aber dass sich das Eis als Gletscher bewegt, beweisen

ausser der Struktur auch die Seiten- und Stirnmoränen, die sehr gut entwickelt sind. Oberflächenmoränen giebt es gar nicht, weil über dem Eise keine Felsen herausragen, von denen Schutt auf die Eisoberfläche fallen könnte. Auch die Grundmoräne ist recht gering.

Der Gletscher zeigt durch seine ganze Lagerung und Beschaffenheit, dass auch hier wie im Kibo-Krater das Eis in starkem Rückgange begriffen ist. Und blicken wir von der Gletscherstirn, aus 4860 *m* Höhe, thalabwärts nach unserem Biwakfelsen und darüber hinaus zum Galuma-Plateau: welches kolossale Mass von Abschmelzung vermögen wir da abzuschätzen! Über dieses unter uns liegende, mit alten Grundmoränen und Seitenmoränen, mit Rundhöckern, erratischen Blöcken und stellenweise auch mit Schliffen bedeckte Terrain haben sich einst die Westgletscher des Kilima-Ndscharo stundenweit länger erstreckt, mindestens in eine 1000 *m* tiefere Zone als heute, also bis wenigstens 3800 *m* Bergeshöhe.

Noch stieg ich hinüber in die Mulde des nördlichen Westgletschers, wo ich vor der Gletscherzunge bei 4900 *m* drei konzentrische Stirnmoränen als Zeugen junger Schwankungen fand. Keine dieser Moränen ist vom Gletscher durchbrochen, also hat er keinen Vorstoss wieder gemacht.«

Weiterhin sagt Dr. H. Meyer: »Starke Abschmelzung haben wir überall am Eise des Kibo gefunden, und alte, viel tiefer als die heutige Eisgrenze liegende Gletscherspuren haben wir auch auf der Nord- und Westseite des Gebirges erkannt. Was bedeutet das? Es bedeutet, dass der Kibo, der jetzt seine tiefste Eisgrenze im SW bei ungefähr 4300 *m* hat, einst von kolossalen Gletschern bis zu mindestens 3700 *m* und im SW wohl noch tiefer hinab bedeckt gewesen ist. Zum Wachstum und zur Erhaltung der Gletscher gehören aber weniger grosse Kälte als starke Niederschläge; deshalb muss der einst viel mehr vergletscherte Kibo auch viel regenreicher, viel feuchter gewesen sein. Dies aber ist eine Erscheinung, die in Ostafrika keineswegs auf den Kilima-Ndscharo allein beschränkt ist. Auch an dem etwas nördlicher liegenden 5600 *m* hohen Kenia-Vulkan hat der englische Geolog Gregory zuverlässige alte Glazialbildungen von etwa 3500 *m* an aufwärts gefunden, und von der Ostseite des Runsoro meldet der Reisende Scott Elliot alte Gletscherspuren aus noch viel niedrigerer Höhe; dort freilich sind sie weniger zuverlässig. Mit diesen Beobachtungen harmoniert aber eine ganze Reihe anderer Erscheinungen von relativ jungem geologischen Alter. Ich kann sie hier nicht weiter erörtern; die Veränderung der Seenbecken ist die markanteste unter ihnen. Alle diese Erscheinungen geben uns das Bild einer einst über ganz Ostafrika ausgedehnten Periode starker Niederschläge und grösserer Gebirgsvereisung, also — wenn man es so nennen will — einer Glazialzeit, ähnlich wie sie andere Breiten und andere Kontinente auch gehabt haben.«

Die Arbeiten der internationalen Gletscherkommission 1895—1897 besprach Prof. E. Richter[1]. Der Hauptzweck dieser auf dem internationalen Geologenkongress zu Zürich 1894 gewählten Kommission ist die Ermittelung der Gletscherschwankungen. Natürlich können hierüber dreijährige Materialsammlungen nicht viel ergeben, doch ist es nützlich, dieselben kennen zu lernen, schon um zu sehen, nach welcher Richtung die Probleme weiter verfolgt werden können. Nach Prof. E. Richter sind die Hauptergebnisse aller bisherigen Forschungen bezüglich der Alpengletscher folgende. »Seit den sechziger Jahren herrscht in den ganzen Alpen ein gewaltiger und allgemeiner Gletscherrückgang, nachdem um das Jahr 1820 ein ebenso allgemeiner und bedeutender Vorstoss stattgefunden hatte, und in der Zeit von 1820—1850 der Hochstand nur durch geringe Rückzüge und stabile Zustände unterbrochen worden war. Dieser allgemeine Rückgang herrschte in den siebziger Jahren überall ohne Ausnahme. Er entspricht der Brückner'schen Trockenperiode um 1860, ebenso wie die Maximalstände von 1820 und 1850 feuchten Perioden entsprachen. Gegen Ende der siebziger Jahre trat nun in der Montblanc-Gruppe eine neue, aber nur schwache Wachstumsperiode ein, die sich überaus langsam gegen Osten fortpflanzte. Erst Ende der achtziger Jahre traten einzelne Gletscher der Ostalpen in die Reihe ein; dazwischen blieben aber stets auch in der Schweiz viele Gletscher ununterbrochen in einem wenn auch verminderten Rückgang. Mit 1893 scheint in den Westalpen, besonders der Montblanc-Gruppe und den Penninischen Alpen, die Wachstumsperiode wieder aufgehört zu haben, denn auch jene Gletscher, die zuerst mit der Vergrösserung begonnen hatten, fingen an, sich wieder zurückzuziehen. Hingegen brachten gerade die letzten Jahre seit 1895 fortwährend neue Nachrichten über Gletscherwachsen in den Ostalpen, und wenn auch die absoluten Beträge des Vorrückens gering sind, so erfahren wir doch von bedeutenden Aufschwellungen der Zungen und von sehr beschleunigter Bewegung auch bei solchen Gletschern, deren Enden sich noch verkürzen. Inzwischen ist die feuchte Periode um 1880 abgelaufen, und wir befinden uns bereits in einer Trockenperiode. Zwischen dem Beginn der gegenwärtigen Vorstossperiode in den West- und den Ostalpen liegt ein Zeitunterschied von nahezu 20 Jahren.

Daraus ergeben sich folgende Sätze: 1. Die feuchte Periode um 1880 wird von den Alpengletschern ungefähr in derselben Weise übersprungen, wie die Trockenperiode um 1830 überschlagen wurde. Die Gründe dafür sind vorläufig noch unaufgeklärt, doch ist die Erscheinung selbst nicht aussergewöhnlich, wie die Periodizität der Vernagt-Ausbrüche beweist. Der Vernagt-Gletscher hat die feuchten Perioden um 1630, 1712, 1735 und sogar die für die andern Alpengletscher so bedeutungsvolle Wachsperiode von 1820

[1] Petermann's Mitt. 1899 p. 74 ff.

übersprungen und nur 1595, 1675, 1767 und 1850 grosse Vorstösse gemacht.

2. Die Vorstossperiode von 1880 ist in den Ostalpen um 10 bis 20 Jahre später bemerkbar geworden als in den Westalpen. Dafür kennen wir bisher keine Analogie. Nur zum geringsten Teil kann das der Lückenhaftigkeit unserer Nachrichten aus frühern Zeiten zuzuschreiben sein. Denn es ist bei einer Anzahl früherer Vorstossperioden eine vollkommene Gleichzeitigkeit für West- und Ostalpen völlig sichergestellt. In den Jahren 1594—1605 erfolgten Ausbrüche des Rutorsees (Graische Alpen), des Gétroz-Gletschers (Pennin-Alpen), der Grindelwalder Gletscher (Berner Oberland), des Vernagt-Gletschers (Ötzthaler Alpen). Allerdings liegen auch hier zwischen den Nachrichten aus den westlichen Alpen und denen aus dem Ötzthale 4—5 Jahre. Doch sind die Zahlen für den Beginn der Vorwärtsbewegung hier und dort unsicher.

In der Periode von 1676—1681 sind hingegen die Nachrichten aus dem Osten denen aus dem Westen voraus; 1676 beginnt der Vernagt-Gletscher ins Rofenthal vorzurücken, 1678—1681 erfolgt jährlich ein Seeausbruch; der Rutorsee bricht 1679 und 1680, der Mattmarksee 1680 aus. Zum mindesten kann man hier volle Gleichzeitigkeit feststellen.

Aus 1717 und 1719 liegen Nachrichten über Hochstände aus Grindelwald und dem Val Ferret vor; aus 1716—1724 solche aus dem Ötzthal.

1768 begannen die Grindelwalder Gletscher vorzurücken, 1770 waren Gurgler- und Vernagt-Gletscher schon im raschen Vorgehen, 1772 brach der Mattmarksee (Pennin-Alpen) aus.

Um 1820 erreichten die meisten Westalpengletscher ihren Maximalstand, gleichzeitig aber auch viele Ostalpengletscher; ja Sulden- und Hintereisgletscher schon 1818 und 1819. Für diese Periode lässt sich die Gleichzeitigkeit des Wachstums für alle Alpenteile mit voller Sicherheit feststellen. Ebenso kommen für die Vorstossperiode von 1840—1850 die Nachrichten aus dem Westen und dem Osten gleichzeitig.

Hier liegt also ein Problem vor. Weshalb hat sich die Periode von 1880 im Osten gegenüber dem Westen so sehr verzögert? Mit Hilfe der jetzt in Menge vorliegenden meteorologischen Aufzeichnungen wird sich vielleicht eine Erklärung finden.

Über die ausseralpinen Gebiete sind unsere Nachrichten dürftig und aus den allerjüngsten Jahren. Man kann hier meist nur von einem allgemeinen Eindruck sprechen, nicht von gesicherten Thatsachen. Die Pyrenäen scheinen den Westalpen zu folgen; gegenwärtig zeigt sich viel Rückgang, vereinzelter Vorstoss. Deutlicher sprechen die Nachrichten einerseits von den Polarländern und Skandinavien, anderseits vom Kaukasus und Zentralasien (Tienschan und Altai).

In den letztgenannten Gebieten scheint allgemeiner und sehr starker Rückgang zu herrschen. In den zahlreichen und zum Teil sehr ausführlichen Nachrichten, die uns Prof. I. Muschketow gebracht hat, ist nirgends von einem Vorgange oder Stillstande zu lesen. Gerade umgekehrt aber lauten die Berichte aus Skandinavien und dem arktischen Norden. Hier ist alles unentschieden; stationäre Zustände scheinen vorzuherrschen; benachbarte Gletscher verhalten sich entgegengesetzt. Im allgemeinen gewinnt man den Eindruck, als ob überhaupt die Schwankungen im Gletscherstande hier geringer wären als anderswo. In Norwegen ist das gewiss der Fall, wie der Verf. selbst beobachten konnte. Der gewaltige Spielraum, den die Alpengletscher für ihre Veränderungen sich geschaffen haben, die breiten, vegetationslosen oder wenigstens pflanzenarmen, von Moränen umzogenen Böden und Thalstücke fehlen in Norwegen entweder gänzlich oder sind wesentlich kleiner als in den Alpen. Für Grönland ergeben die Mitteilungen in den Meddelelser om Grönland und bei v. Drygalski (Grönlandexpedition) nicht das Bild einer allgemeinen bestimmten, sei es rück- oder vorschreitenden Tendenz. Die grossen Eisströme können Längenveränderungen langer Periode nicht erfahren, da sie durch das Kalben vor ihrem natürlichen Ende abgebrochen werden, höchstens könnte ihr Dünnerwerden die Kalbungsstelle weiter einwärts verlegen. Das festzustellen fehlen aber die Daten. Die Bilder bei Drygalski scheinen für das Inlandeis selbst einen stationären Zustand des Randes anzuzeigen. Das Einsinken, welches er 1892—1893 beobachtet hat, deutet auf Rückgang; ein Jahr kann aber noch nichts beweisen.

Über Himalaya und Neuseeland sieht man noch nicht klar, ebensowenig über Alaska. Aus dem Innern von Nordamerika liegen aber sichere Anzeichen von Rückzug vor.

Wenn sich aus diesen magern Daten ein Schluss ziehen lässt, so könnte es nur folgender sein: In den kontinentalen Gebieten herrscht Rückgang, in den maritimen ein mehr stationärer oder unentschiedener Zustand. Ist diese Beobachtung richtig, so ist auch der Zusammenhang mit den Brückner'schen Perioden deutlich. Im Innern der Kontinente machen sich die Klimaschwankungen viel stärker geltend als in den Randgebieten; die Küstenländer, insbesondere die des Atlantischen Ozeans, sind Ausnahmegebiete, bei denen sich die charakteristischen Eigenschaften der Trockenperioden überhaupt nicht bemerkbar machen. Es sind also ganz allgemein für die Kontinentalgebiete stärkere Gletscherschwankungen als für die Uferländer vorauszusetzen.

Sind erst die Beobachtungen vervielfältigt, so wird man bestimmte Entscheidungen über diese Fragen mit Recht erwarten können. Die Richtung, in der die Untersuchung geführt werden soll, ist dadurch vorgezeichnet.

Ein zweiter Schluss, der aus der Geschichte der Gletscherschwankungen in der zweiten Hälfte des ablaufenden Jahrhunderts

gezogen werden kann, ist: Die feuchte Periode um 1880 ist in ihrer Wirkung auf die Gletscher von der ihr vorausgehenden und der nachfolgenden Trockenperiode fast verschlungen worden. Man wird sich überzeugen können, ob dieses Verhältnis auch aus den meteorologischen Daten ersichtlich wird, und daraus wieder Erkenntnisse über das Verhältnis von Gletscherbewegung und den Aufzeichnungen der jetzt vorhandenen Stationen über Temperatur und Niederschlag gewinnen. Es scheint nämlich keineswegs sicher, dass diese die Gletscherbewegungen wirklich widerspiegeln, wenn auch die gewaltige Vermehrung der Stationen und besonders die Errichtung der Höhenstationen zu gewissen Hoffnungen berechtigt.«

Struktur des Rhone- und Unteraar-Gletschers. Die Konferenz von Gletscherforschern am Rhonegletscher im August 1899 hat nach dem Berichte von Prof. E. Richter[1]) einen Befund über die Struktur des Rhone- und Unteraar-Gletschers festgestellt. Daraus ist hervorzuheben: Die Gletscher bestehen in den untern Teilen, nahe dem Ende, aus blauem Eise, in welchem schmitzenartig eingelagert Scharen von Luftblasen sich vorfinden. Diese Schmitzen fallen und streichen in parallelen Ebenen, die am Gletscherrande gegen das Innere des Gletschers zu einfallen und sich an der Oberfläche als eine Liniierung des Gletschers bemerkbar machen. Weiter oben besteht der Gletscher aus weisslichem Eise, das von blauen Bändern durchzogen ist. Diese Bänder streichen längs der Seiten des Gletschers mit diesen parallel und fallen fast senkrecht ein; in der Mitte des Gletschers biegen sie um gegen die andere Seite hinüber, so dass diese Struktur im allgemeinen löffelförmig angeordnet erscheint. Man ist übereingekommen, diese Struktur als Bänderung zu bezeichnen und sie so von der Schichtung zu scheiden, welcher Ausdruck, im geologischen Sinne genommen, die Spuren der Aufschüttung des Schnees im Firnfelde bedeuten soll.

Von dieser Schichtung ist, wenn sie nicht in der Bänderung enthalten ist, was vorläufig noch ganz unentschieden bleibt, in den untern Teilen des Gletschers nichts mehr wahrzunehmen; wohl aber wurden in den mittlern Teilen des Rhonegletschers eigentümliche schichtenartige Sonderungen an Spaltenwänden bemerkt. Diese Schichten sind zu Synklinalen und Antiklinalen zusammengefaltet, deren Achsen parallel der Längsachse des Gletschers laufen, und deren Ausstreichen sich in eigentümlichen Kämmen und Ogyven auf der Oberfläche bemerkbar macht. Diese bisher noch nicht beschriebene Erscheinung wurde nach ihrem Entdecker »Reid'sche Kämme« benannt.

Eine einheitliche Nomenklatur der Moränen. Nach dem Berichte von Prof. E. Richter auf dem Berliner Geographenkongresse[2]), hat die Konferenz von Gletscherforschern im August 1899

[1]) Potonié's Wochenschr. 1899. p. 554.
[2]) Potonié's Wochenschr. 1899. p. 554.

eine einheitliche Nomenklatur der Moränen festgestellt und dieselben nach ihrer Lage in folgendes Schema gebracht:

- **Moränen / moraines / morains**
  - **Bewegte Mor. / m. mouvantes / mouving m.**
    - Ober-Mor. / m. superficielles / surface m.
      - Seiten-Mor. / m. laterales / lateral m.
      - Mittel-Mor. / m. médianes / medial m.
    - Innen-Mor. / m. internes. / internal m.
    - Unter-Mor. / m. inférieures / under m.
  - **Abgelagerte M. / m. deposées / deposited m.**
    - Wall-Mor. / m. ramparts / ridge mor.
      - Längs-Mor. / m longitudinales / longitudinal m.
      - Rand- oder End-Mor. / m.marginales / border m.
        - Ufer-Mor. / m. riveraines / lateral oder border m.
        - Stirn-Mor. / m. frontales / terminal mor.
    - Grund-Mor. / m. de fond / ground mor.
      - Grund-Mor.-Decke / m. profonde / groundmor.
      - Drumlins / drumlins / drumlins

Die Entwickelung der glazialen Hydrographie Nord-Deutschlands behandelte Dr. Keilhack in der Deutschen Geologischen Gesellschaft zu Berlin.[1])

Es handelt sich um diejenige Rückzugsperiode des letzten Inlandeises, während deren das Eis auf dem Baltischen Höhenrücken und nördlich von demselben lag. »Er umsäumt von der jütischen bis zur russischen Grenze die deutsche Ostseeküste. Sein Kamm ist durch eine Endmoräne gekrönt, welche eine lange andauernde Stillstandsperiode während des Rückzuges andeutet. Hinter dieser Endmoräne liegt die Grundmoränen-Landschaft, vor ihr das fluvio-glaziale Sediment der Schmelzwasser, der sogen. Sandr oder die Heidesand-Landschaft. Von der Weichsel bis zur holsteinischen Grenze stösst dieselbe fast überall unmittelbar an die Endmoränen an, und nur etwa auf dem 14. Teile dieser Linie greift die Grundmoräne über die Endmoräne nach Süden oder Südwesten hin über. Der Beginn der Sandr liegt im Osten, wo der Oderbogen mit dem Weichselbogen zusammenstösst, am höchsten, in einer Meereshöhe von rund 200 *m*; von da ab senkt sich sein Anfang nach Westen hin, bis er an der Oder seine tiefste Lage in ungefähr 100 *m* erreicht, und steigt dann westlich der Oder in der Richtung auf Mecklenburg wieder bis auf 150 *m* an, um sich bis zur holsteinischen Grenze abermals auf etwa 50 *m* zu senken. Diese Sandflächen besitzen ein Gefälle nach Süden und im westlichen Teile des in Rede stehenden Gebietes nach Südwesten hin, ein Beweis, dass in diesem Sinne auch die Schmelzwasser sich bewegten. Die einzelnen Sandr erreichen ihr südliches Ende in dem früher als nördlichstes angenommenen Urstrom-

[1]) Zeitschrift der Deutsch. Geol. Ges. 1. III. Heft. p. 77.

thal, welches von Berendt als das Thorn-Eberswalder Hauptthal bezeichnet ist, und gelangten durch verhältnismässig schmale Pforten zwischen einer Reihe grosser Plateauinseln in dasselbe hinein. Durch diese Pforten fliessen noch heute die vom Höhenrücken herabkommenden Gewässer (Schwarzwasser, Brahe, Küddow, Drage, Miezel, Rhin, Dosse) dem Hauptthale zu Südlich von dem grossen Längsthale beginnen vollständig andere Landschaftsformen, und keiner der einzelnen Sandr setzt sich über dieses Thal hinaus nach Süden hin fort. Schon dadurch charakterisiert sich das von Thorn über Eberswalde nach Hamburg zu verlaufende Hauptthal als das Sammelthal für die gesamten, vom Rande des Inlandeises herabkommenden Schmelzwasserströme, und wir dürfen annehmen, dass die Erosion dieser gewaltigen Wassermassen, zu denen noch die von Süden herkommenden Ströme der Weichsel, Oder und Elbe hinzukommen, dieses Thal in seiner heutigen Ausdehnung geschaffen haben. Der Zusammenhang zwischen Sandr und Thalbildung wird noch dadurch näher bewiesen, dass im Mündungsgebiete der Sandr ins Hauptthal ausgedehnte Thalsandterrassen liegen, die sich im gleichen Niveau mit jenen befinden.

Die höchste Thalsandstufe des Hauptthales liegt im Osten an der Weichsel in ungefähr 80 *m* Meereshöhe, senkt sich aber bis in die Gegend von Landsberg a. W bis auf 40 *m* und behält diese Höhenlage dann bei bis westlich von Eberswalde, um von da bis zur Nordsee hin in langsamem und gleichmässigem Gefälle bis auf wenige Meter über das Meeresniveau zu sinken. Wir müssen annehmen, dass diejenigen Teile des Thales, in welchen die Terrassen von Osten nach Westen schwach geneigt sind, ein von fliessendem Wasser erfülltes Thal darstellen, während auf der sehr langen Strecke, in der die Terrassen horizontal liegen, ein durch das nördlich davorliegende Eis verursachter Stausee anzunehmen ist, der eine dreizipflige Gestalt besass. Der eine dieser drei Zipfel erstreckte sich von Küstrin bis Landsberg, der andere nach Süden bis über Frankfurt a. O. hinaus. Der dritte nach Nordwesten bis Eberswalde, so dass zu jener Zeit das Oder- und Warthebruch von einem grossen See erfüllt waren, dessen grösste Tiefe ca. 35 *m* betrug. Aus diesem See flossen die Gewässer über die Eberswalder Pforte nach Westen hin ab und bewegten sich von da aus als Fluss zur Nordsee. Infolge des Umstandes, dass der Sandr seine grösste nord-südliche Ausdehnung da besitzt, wo sein Beginn an der Endmoräne die höchste Lage ü. M. erreicht, und bei der abnehmenden Höhenlage dieses Beginnes mit der zunehmenden Annäherung der Endmoräne an den Rand des Hauptthales ergiebt sich ein ziemlich gleichmässiges Gefälle in allen Teilen des Sandr, welches im Mittel auf 1 : 1000 anzunehmen ist.

Die Frage, welchen Weg die Schmelzwasser des Eises nahmen, als das Eis von der durch die Baltische Endmöräne charakterisierten Stillstandslage aus sich weiter nach Norden in das Baltische Küstengebiet zurückgezogen hatte, glaubt Dr. Keilhack durch die Entdeckung eines fast ganz in Pommern liegenden nördlichsten Urstromthales gelöst zu haben, welches er als das »Pommersche Urstromthal« bezeichnet. Dasselbe beginnt im Nordosten in der Gegend nördlich von Karthaus und verläuft von dort nördlich von den Städten Bütow und Rummelsburg über Pollnow und südlich von Belgard weiter über Plathe in der Richtung auf Gr.-Stepenitz, erreicht dort das Stettiner Haff und geht von da aus nach Westen hin weiter über Märkisch-Friedland und durch das Mecklenburgisch-Pommersche Grenzthal nach Ribnitz, wo die Küste der heutigen Ostsee erreicht wird. In jener Zeit waren die Inseln der westlichen Ostsee, sowie Rügen, Neu-Vorpommern, Usedom und Wollin und das ganze pommersche Küstenland noch unter dem Eise begraben, welches als ein Stau diente und die Schmelzwasser zwang, zwischen seinem Rande und dem im Süden vorliegenden Baltischen Höhenrücken nach Westen zu fliessen. Da aus dem angegebenen Grunde eine Verbindung mit dem offenen Meere durch die westliche Ostsee noch nicht existierte, so ist anzunehmen, dass die Wasser von Rostock aus im heutigen Küstengebiete der Ostsee sich weiter nach

Westen in die Lübecker Bucht bewegten und von dieser aus ihren Abfluss nach Süden durch das Stecknitzthal nahmen, um schliesslich in das untere Elbthal zu gelangen und durch dasselbe endlich die Nordsee zu erreichen. Dieses Urstromthal, welches bis jetzt nur von seinem Anfange im Osten bis nach Vorpommern hin genau bekannt ist, setzt sich aus einer Anzahl von Flussthalstücken mit dazwischen eingeschalteten Seen zusammen. Beide lassen sich auch hier wieder dadurch unterscheiden, dass im erstern Falle die Terrassen sich nach Westen senken, im andern Falle dagegen horizontale Flächen bilden. In dem ersten Thalstücke, welches vom östlichen Beginne bis in die Gegend des Jassener Sees reicht, senkt sich der Thalboden von 150 auf 120 *m* Meereshöhe. Dann folgt ein etwa 40—50 *km* langes Seestück, welches dadurch veranlasst ist, dass in der Gegend von Pollnow ein hoch aufragender, spornartiger Rücken von der Seenplatte aus nach Norden bis in die Gegend von Varzin sich vorschiebt, der in seinem nördlichen Teile von Eis bedeckt war. Das Wasser in diesem östlichen Stausee, der nach der nächstgelegenen Stadt als der »Rummelsburger« bezeichnet wurde, musste also so lange steigen, bis es die Höhe der tiefsten Einsattelung in dem vorliegenden Hindernis erreicht hatte. Es ist dies die Kaffziger Pforte, östlich von Pollnow, die den angesammelten Wassern des Sees als Wasserpass diente und sie nach Westen hin weiter fortführte in einem Flussthale, welches bis Gr.-Tychow südlich von Belgard sich von 120 auf 60 *m* senkte. Hier wurde durch den analog nach Norden sich vorschiebenden Gr.-Rambiner Rücken ein zweiter Stausee erzeugt, der heute von der Persante durchflossen wird. Im dritten Flussstücke senkte sich das Thal von 60 auf 25 *m* und kam in den dritten und grössten Stausee hinein, als dessen Rest das heutige Stettiner Haff aufzufassen ist. Dieser Oderstausee besass eine Länge von 70—80 und eine nord-südliche Breite von 30—40 *km* und nahm, da inzwischen infolge der Senkung des Wassers im Küstriner Stausee die Eberswalder Pforte nicht mehr von ihnen überschritten werden konnte, die vereinigten Oder- und Weichselwasser auf. Die gesamte Wassermasse bewegte sich dann entlang des Randes des Inlandeises in der Richtung auf Ribnitz weiter, und dieses Thalstück senkte sich gleichzeitig von 25 auf 15 *m*. In dieser Höhe lag der vierte und westlichste Stausee, derjenige der Lübecker Bucht, aus dem die Wasser schliesslich nach Süden hin zum Elbthale abflossen. Dass diese grossen Staubecken und die sie verbindenden Thäler dadurch erzeugt wurden, dass das Eis unmittelbar im Norden davorlag, lässt sich daran erkennen, dass einmal in der angenommenen Stillstandslinie an mehrern Stellen kleinere und grössere Stücke echter Endmoräne sich gebildet haben, sodann aber aus dem Umstande, dass an einer grossen Anzahl von Stellen die See- und Flussthalterrassen, die nach Süden hin sich an den Höhenrücken anlehnen, nach Norden hin keinerlei Begrenzung durch höher gelegene Plateaus besitzen, sondern in dieser Richtung abbrechen, so dass man an diesen Stellen von den höher gelegenen Terrassenflächen auf tiefer gelegene, mit Grundmoräne überkleidete diluviale Plateaus hinabsteigt. An manchen Stellen sind diese Höhenunterschiede ausserordentlich bedeutend. So liegt z. B. nördlich von Pollnow der Rand einer solchen Terrasse in 100 *m* Meereshöhe, und das Gelände senkt sich von hier aus nach Norden in schnellem Gefälle auf 25—30 *m* Meereshöhe, und in ganz ähnlicher Weise endigt die in 60 *m* Meereshöhe liegende Terrasse des Persantestausees nach Norden hin mit einem 30 *m* hohen Steilabfall. Unter Zuhilfenahme dieser Erscheinungen ist es möglich, die Lage des Eisrandes zur Zeit der Bildung dieser Terrassen so genau festzustellen, dass der mutmassliche Fehler an manchen Stellen kaum ein Kilometer beträgt.

Als das Eis westlich der Oder sich eine Strecke zurückgezogen hatte, wurde tiefer gelegenes Land vom Eise befreit, und die Schmelzwasser konnten einen bequemern Abfluss in tieferem Niveau finden. Dadurch wurde der Wasserspiegel im Oderstausee von 25 auf 15 *m* gesenkt, und es bildete sich durch Aufschüttung von Norden und Süden her in dem-

selben eine neue Terrasse in der angegebenen Meereshöhe. Durch diese Senkung wurde der Wasserpass im Stecknitzthale trocken gelegt, und die Gewässer flossen durch eine der Wasserstrassen, die die dänischen Inseln heute von der jütischen Halbinsel trennen, dem Kattegat zu. Der östlich der Oder gelegene Teil des Urstromthales wurde unverändert noch von den Schmelzwassern weiter benutzt, da die Rückzugsbewegung des Eises im Westen bedeutend schneller vor sich ging als im Osten. Durch eine abermalige Rückzugsbewegung des Eises wurde das vorpommersche Festland frei, während Rügen noch unter Eisbedeckung lag, und unter gleichzeitiger Senkung des Wasserspiegels im Oderstausee auf eine Meereshöhe von 6—7 *m* erfolgte eine abermalige Verlegung des Abflusses, der nunmehr durch den Strelasund ging. Dadurch wurde auch der westlich an den Oderstausee angrenzende Teil des Urstromthales trocken gelegt, und die Schmelzwasser flossen durch ein Thal westlich von Gülzow auf Wollin zu. Die nächste Rückzugsbewegung des Eises berührt bereits den Persantestausee, dessen Wasserspiegel plötzlich eine Senkung von 60 auf 20 *m* erfuhr, wodurch derselbe in kürzester Frist trocken gelegt wurde. Die Wasser des Urstromthales flossen in jener Zeit nicht mehr über Gr.-Tychow, sondern wendeten sich von Brückenkrug an unter einer gleichfalls sehr beträchtlichen Senkung ihrer Terrassen südlich von Cöslin auf Belgard zu und von hier aus zum Teile durch das heutige Persantethal weiter nach Westen hin. Durch zwei weitere Rückzugsbewegungen wurde der Spiegel des Rummelsburger Sees zunächst von 120 auf 100 *m* gesenkt und eingeengt und durch eine weitere Senkung auf 60—70 *m* vollkommen trocken gelegt.

Das gesamte zwischen Oder und Weichsel liegende pommersche Küstengebiet wird von einem ausserordentlich komplizierten Systeme von Thälern durchzogen, von denen ein Teil ostwestlich verlaufende Randthäler des Inlandeises während seiner einzelnen, wahrscheinlich sehr kurzen Rückzugsphasen darstellt, während die rechtwinklig dazu stehenden Thäler subglazialen Ursprunges sind und von den Schmelzwassern unter der Eisdecke erzeugt wurden. Jede kleine Rückzugsbewegung schuf neue Abflusswege nach dem in immer grösserer Ausdehnung eisfrei werdenden Ostseebecken hin, und in relativ kurzer Zeit entwickelte sich durch eine Reihe von Übergängen hindurch das heutige hydrographische System Hinterpommerns, dessen Haupteigentümlichkeit darin besteht, dass die sämtlichen Küstenflüsse abwechselnd Längs- und Querthäler benutzen, wodurch sie ihre eigentümlich scharfen rechtwinkligen Knicke erhalten. Es ist Dr. Keilhack möglich gewesen, mit Zuhilfenahme aller dieser Erscheinungen die einzelnen Phasen des Rückzuges in diesem Gebiete so darzustellen, dass man den Verlauf dieser Bewegung klar erkennen kann, und es ergiebt sich dabei, dass innerhalb jeder einzelnen Phase der Betrag der Abschmelzung in west-östlicher Richtung denjenigen in nord-südlicher bei weitem überwog, so dass die einzelnen Eisrandlinien nach Osten hin stark konvergieren, während sie nach Westen hin breit auseinandergehen. Während der letzten Phase der Eisrandlage in Hinterpommern entstand auf diese Weise das heute von der Rheda und Leba benutzte Thal, welches sich von der Danziger Bucht nach der Ostsee quer durch das Land hindurchzieht. Das letztere Thal ist das einzige pommersche Thal, bei welchem die Annahme einer postglazialen Krustenbewegung kaum zu vermeiden sein wird, da dasselbe vom Weichseldelta aus nach Westen hin zunächst ansteigt, um sich dann etwa von Boschpal aus wieder nach der Ostsee hin zu senken. In dieser Zeit war auch das Gebiet der untern Weichsel bereits eisfrei, und die Gewässer der letztern konnten das Frische Haff erreichen und durch das oben genannte Lebathal schliesslich in die Ostsee hinein gelangen. Der Abfluss der Weichselgewässer nach Westen hin über die Bromberger Pforte wurde entbehrlich und trocken gelegt und auch für den östlichsten der grossen deutschen Ströme der nächste Weg nach Norden hin durch eine alte subglaziale Schmelzwasserrinne von grosser Breite eröffnet.«

Die Entwickelung der Glazialgeologie im norddeutschen Flachlande. Gelegentlich der Feier des 50jährigen Bestehens der deutschen geologischen Gesellschaft im vergangenen Jahre, zeichnete Prof. Wahnschaffe ein Bild der Entwickelung der Glazialgeologie im norddeutschen Flachlande, welches in grossen Zügen darstellt, wie in der letzten Hälfte des nun ablaufenden Jahrhunderts die Anschauungen über die Vorgänge, die der damalige Zustand des nord-Deutschen Flachlandes herbeiführte, nach grossen Schwankungen, ja Rückschritten in der richtigen Auffassung, endlich auf den heutigen Standpunkt gelangt sind. Diese lichtvolle Darstellung ist von allgemeiner Bedeutung, die ihrer nächsten Veranlassung entspricht, und folgt deshalb hier ihrem wesentlichen Inhalte nach[1]):

»Als die Deutsche geologische Gesellschaft im Jahre 1848 gegründet wurde, waren die wichtigen Arbeiten eines Venetz, Charpentier und Agassiz bereits erschienen, Arbeiten, die grundlegend gewesen sind nicht nur für die Erforschung der heutigen Gletscher, sondern auch für den Nachweis einer weit ausgedehnten Vergletscherung in vorhistorischer Zeit. Es wurde dadurch die Lehre von der Eiszeit in die Geologie eingeführt, die nun bei den Untersuchungen über die letzte grosse Periode der Entwickelungsgeschichte unserer Erde berücksichtigt werden musste. Nachdem Agassiz in den Alpen die Gletscher als Transportmittel der erratischen Blöcke und als Erzeuger der Felsschliffe erkannt hatte, hielt er eine gleiche Ursache auch für die Ablagerung der Findlinge und die Bildung der geschliffenen Felsoberflächen im Norden für wahrscheinlich. Die zuerst von ihm angenommene allgemeine Eisbedeckung von Nordeuropa, die vom Nordpole ausgegangen sein sollte, besass hinsichtlich ihres Eintrittes nach seiner Meinung einen katastrophenartigen Charakter. Später hat er dann durch Charpentier's Einfluss seine Ansichten wesentlich modifiziert. Wäre man auf dem Wege, den uns die beiden grossen Glazialforscher gewiesen, schrittweise weiter vorgegangen und hätte auf Grund von Beobachtungen ihre Theorien weiter ausgebaut und berichtigt, so würde man früher zu richtigen Anschauungen über die Entstehung der erratischen Bildungen von Nordeuropa gelangt sein. Aber dieser allmähliche Entwickelungsgang wurde unterbrochen durch die Lyell'sche Driftheorie, deren extreme Anwendung sogar die bereits gewonnenen Resultate der Glazialforschung in den Alpen wieder in Frage stellte. Bekanntlich sollte nach Lyell Nordeuropa während der grössern Ausdehnung der Gletscher in den Alpen, in Skandinavien und Grossbritannien von einem Meere bedeckt gewesen sein, in welchem die von den Gletschern sich ablösenden Eisberge herumschwammen. Dieses Meer sollte abkühlend auf die Kontinente eingewirkt und dadurch die grössere Gletscherentfaltung bewirkt haben. In ihrer Anwendung

[1]) Zeitschr. der Deutschen geolog. Ges. 50. III. Heft. Berlin 1899 p. 54 ff.

auf Norddeutschland führte die Lyell'sche Drifttheorie zu der Vorstellung, dass in der Eiszeit das Meer bis zum Nordrande der deutschen Mittelgebirge reichte, während zu gleicher Zeit Skandinavien von mächtigen Gletschern bedeckt war, die bis in das Meer hinein sich erstreckten. Die von diesen Gletschern sich ablösenden Eisberge sollten das nordische Schuttmaterial nach Norddeutschland verfrachtet und, nachdem sie durch die Winde nach allen Richtungen hin getrieben wurden, bei ihrer Strandung und Abschmelzung abgelagert haben. Infolge der bedeutenden Autorität, die der grosse englische Geologe, und zwar mit vollem Rechte, bei allen seinen Fachgenossen besass, fand seine Drifttheorie fast allgemeine Annahme, so dass sie mehrere Jahrzehnte hindurch alle im norddeutschen Flachlande ausgeführten Forschungen beeinflusst hat. Die gesamten Diluvialablagerungen, gleichgiltig, ob dieselben geschichtet oder ungeschichtet waren, ob sie aus Geschiebemergeln, Sanden, Mergelsanden oder Thonen bestanden, ob sie grössere Geschiebe führten oder nicht, wurden als durch Treibeistransport vermittelte Absätze des Diluvialmeeres angesehen. Unsere Vorstellungen über die Bildung der Diluvialablagerungen hatten schliesslich einen derartigen Grad von Starrheit angenommen, dass kein weiterer Fortschritt in der Aufklärung der genetischen Verhältnisse des Quartärs mehr möglich erschien. Waren auch bereits verschiedene Thatsachen beobachtet worden, die sich nicht mit der Drifttheorie in Einklang bringen liessen, so fehlte es doch an einem umfassenden Beweismateriale, um die Haltlosigkeit dieser nachzuweisen. Es ist zu bewundern, dass in jener Zeit trotz der irrigen Anschauungen über die Entstehung schon sehr wertvolle Arbeiten über die stratigraphische Gliederung, die petrographische Beschaffenheit und die kartographische Darstellung der Quartärbildungen erschienen. Auch wurden damals die grossen alten Thäler Norddeutschlands bereits in ihren Grundzügen richtig erkannt, und das Studium der Geschiebe nahm in diesem Zeitraume im Anschlusse an die grundlegenden Untersuchungen Ferdinand Römer's einen bedeutsamen Aufschwung.

Otto Torell gebührt das Verdienst, die Geologen Norddeutschlands von dem Banne der Lyell'schen Drifttheorie befreit zu haben. Zwar hatte schon Bernhardi im Jahre 1832 die Anhäufungen der nordischen Geschiebe in Norddeutschland als Moränen einer von dem Nordpole ausgegangenen Vergletscherung erklärt, doch waren seine Ausführungen seiner Zeit völlig unbeachtet geblieben und später ganz in Vergessenheit geraten, so dass auch Torell keine Kunde davon hatte, als er am 3. November 1875 in der Sitzung der Deutschen geologischen Gesellschaft zu Berlin zum erstenmale die Inlandeistheorie für Norddeutschland aussprach und wissenschaftlich begründete. Unter Vorlage der von ihm an demselben Tage in Rüdersdorf aufgefundenen geschrammten Muschelkalkplatten führte er aus, dass hier echte Gletscherschrammen vorlägen, und dass der auf den Schichtenköpfen lagernde und im ganzen norddeutschen

Flachlande ebenso wie in Dänemark und Südschweden verbreitete Geschiebemergel nur als die Grundmoräne eines von Skandinavien ausgegangenen Inlandeises zu erklären sei, das das Ostseebecken erfüllte und sich bis an den Rand unserer Mittelgebirge vorschob. Ich selbst war in dieser Sitzung zugegen und werde nie den Eindruck vergessen, den diese völlig neue Lehre auf alle Anwesenden machte. Die meisten ältern Geologen und auch ich selbst hielten damals die Annahme einer so ausgedehnten und mächtigen Inlandeisdecke für ganz ungeheuerlich. Trotz des lebhaften Widerspruches, den die Torell'sche Theorie zu Anfang namentlich von Seiten der ältern Geologen erfuhr, hat sie doch wie ein zündender Funke gewirkt, so dass sich vom Ende der siebziger Jahre ab ein bedeutsamer Umschwung der Ansichten über die Entstehung der erratischen Bildungen vollzog und in schneller Folge durch die gemeinsame Arbeit der in dem nordeuropäischen Glazialgebiete thätigen Geologen die Inlandeistheorie fest begründet und weiter ausgebaut wurde. Es muss hervorgehoben werden, dass hierbei namentlich auch James Geikie's »Great ice age« einen grossen Einfluss ausgeübt hat.

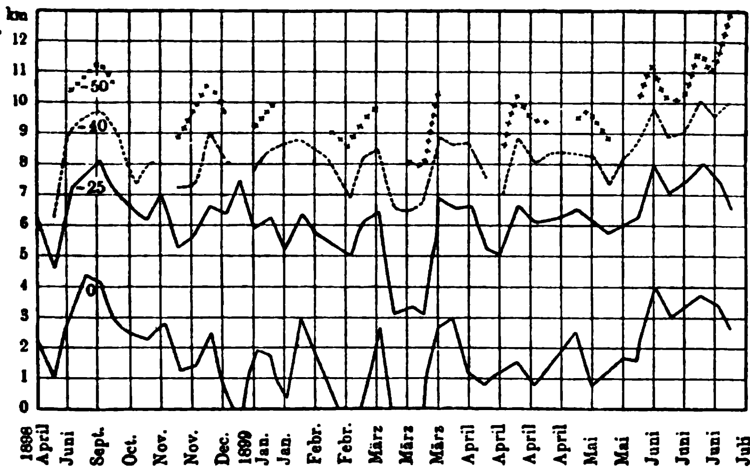
Die Auffindung der Glazialschliffe auf dem Rüdersdorfer Muschelkalk führte zunächst dazu, nach weitern Beweisen für die ehemalige Inlandeisbedeckung Norddeutschlands zu suchen. Eine besondere Aufmerksamkeit widmete man den dynamischen Erscheinungen des Inlandeises, zu denen vor allen Dingen die Einwirkungen des sich fortbewegenden Eises auf den Untergrund und die erodierende Thätigkeit der von ihm ausgehenden Schmelzwasser gehören. Die Schrammen und Schliffe auf dem anstehenden Gesteine galten stets als die besten Beweise für ehemalige Gletscherbedeckung, namentlich wenn andere, den glazialen Ursprung bestätigende Erscheinungen noch hinzukommen. An einer grössern Anzahl von Punkten fanden sich solche Glazialschliffe im Randgebiete des norddeutschen Flachlandes, namentlich im Königreiche Sachsen, wo ältere Gesteinskuppen häufiger unter dünner quartärer Decke zu Tage treten, aber auch auf den vereinzelten inselförmigen Vorkommen des ältern Gebirges innerhalb des norddeutschen Flachlandes sind die Schrammen an verschiedenen Punkten nachgewiesen worden, wenn festere Gesteine ihre Bildung und auflagernde Grundmoränen ihre Erhaltung ermöglichten. Eingehende Untersuchungen erstreckten sich auf die Struktur und Zusammensetzung des Geschiebemergels. Es wurde seine Identität mit den Grundmoränen der heutigen Gletscher festgestellt und auf die Bedeutung der in ihm enthaltenen gekritzten einheimischen und nordischen Geschiebe, sowie auf ihre Transportrichtung aufmerksam gemacht. Als weitere, durch den Druck des vorrückenden Inlandeises hervorgerufene Erscheinungen beobachtete man die Lokalmoränen und die Schichtenstörungen im Untergrunde des Geschiebemergels, die sich bei plastischen Bildungen als Faltungen und Stauchungen zu erkennen gaben. Aber nicht nur die oberflächlichen, in lockern, wenig widerstandsfähigen Bildungen beobachteten Schichten-

störungen liessen sich auf den Eisschub zurückführen, sondern auch tiefer greifende Faltungen und Faltenüberschiebungen, die namentlich das Tertiär, sowie auch die Kreide betreffen, sind als grossartige dynamische Wirkungen des Gletscherdruckes erkannt worden, die dort eintraten, wo gestauchte plastische Bildungen dem vorrückenden Eise einen bedeutenden Widerstand entgegensetzten.

Die Wirkungen der erodierenden Thätigkeit der vom Eisrande ausgehenden oder von der Oberfläche desselben in Spalten herabstürzenden Schmelzwasser fand man in den Strudellöchern oder Riesentöpfen, in den kreisförmigen Pfuhlen und Strudelseen, sowie in den langen parallelen Rinnensystemen, die ungefähr senkrecht zur Lage des ehemaligen Eisrandes die diluvialen Hochflächen durchziehen.

Während Torell und mit ihm mehrere Geologen die Vereisung Norddeutschlands anfangs als eine einheitliche, allerdings von verschiedenen grössern Oszillationen des Inlandeises unterbrochene Periode aufgefasst hatten, kam man durch eine genaue Untersuchung der verschiedenen Ablagerungen und namentlich der in ihnen vorkommenden faunistischen und floristischen Einschlüsse mehr und mehr zu der Auffassung, dass eine zweimalige, durch eine Interglazialzeit mit mildem Klima unterbrochene Vereisung Norddeutschlands eingetreten sei, deren Grundmoränen der obere und untere Geschiebemergel darstellten. Das Vorkommen der von nordischen Granden unterlagerten Paludinenbank unter dem untern Geschiebemergel der nähern Umgebung Berlins, die Beobachtungen einer primären marinen Fauna bei Hamburg zwischen zwei dem untern Diluvium zugehörigen Geschiebemergeln und die neuern Aufschlüsse im Elb-Trave-Kanal bei Lauenburg an der Elbe führen jedoch dazu, dass wir, ebenso wie dies in den Alpen bereits nachgewiesen worden ist, auch bei uns drei Vereisungen und zwei Interglazialzeiten annehmen müssen. In völliger Analogie mit den Alpen hatte die erste Vereisung die geringste Ausdehnung, die zweite dagegen erstreckte sich am weitesten nach Süden, während die dritte und letzte Vergletscherung zwar bedeutender war als die erste, aber den Umfang der zweiten nicht wieder erreichte.

Während die Forschungen im norddeutschen Flachlande auf der einen Seite darauf gerichtet waren, die historische Gliederung der Glazialablagerungen mit Hilfe der fossilienführenden Schichten festzustellen, erstreckten sie sich im letzten Jahrzehnte auch namentlich auf die genaue Untersuchung der Aufschüttungsformen des Inlandeises und auf die glaziale Hydrographie unseres Gebietes. Eines der wesentlichsten Resultate war der Nachweis der grossen Endmoränenzüge, deren Verlauf durch ganz Norddeutschland von der Nordgrenze Schleswig-Holsteins bis nach West- und Ostpreussen hinein, sowie auch in den südlich gelegenen Provinzen Posen und Schlesien festgelegt worden ist. Der Umstand, dass die Grundmoräne der letzten Vereisung in gleicher Ausbildung sowohl vor als



Die Isothermen von 0°, — 25°, — 40°, — 50°, in verschiedenen Höhen nach den Untersuchungen von Teisserence de Bort.

hinter diesen Endmoränenzügen sich findet, führte zu der Erkenntnis, dass sie Etappen des Rückzuges, der letzten Inlandeisbedeckung bezeichnen und als Produkte von Stillstandsperioden angesehen werden müssen. Erst das genaue Studium dieser Endmoränenzüge und der damit in engstem Zusammenhange stehenden Erscheinungen führte zu einer Unterscheidung und Erklärung der verschiedenen, teils durch Aufschüttung, teils durch Erosion entstandenen glazialen Landschaftsformen und zur Aufstellung der verschiedenen Seentypen.

Die glaziale Hydrographie des norddeutschen Flachlandes hat in letzter Zeit dadurch, dass man die grossen alten Thalzüge mit den durch die Endmoränen angezeigten Rückzugsetappen des Inlandeises in Beziehung brachte, eine ganz neue Beleuchtung erfahren. Nun erst ist es möglich geworden, die successive Entstehung der grossen ost-westlichen Hauptthäler von Süd nach Nord und die durch die Terrassen erkennbaren mehrfachen Niveauschwankungen ihrer Wasserführung zu erklären. Indem das Eis in der letzten Abschmelzperiode bis zu einer nördlichern Stillstandslage sich zurückzog, wurden jedesmal dem Abzuge der bisher durch den Eisrand gestauten Wasser neue Wege eröffnet«.

13. Die Lufthülle im allgemeinen.

Die neuentdeckten Gase Argon, Helium, Neon, Krypton und Xenon besprach Prof. W. Ramsay in der sechsten Sitzung der Abteilung für Chemie und Mineralogie der 71. Versammlung deutscher Naturforscher zu München 1899. Nachdem 1894 das Argon und 1895 das Helium aufgefunden waren, erwartete man mit einigem Rechte, dass noch andere Elemente in der atmosphärischen Luft gefunden würden. In der That gelang dies 1898 Ramsay und Travers. Die Abscheidung der Gase erfolgt aus verflüssigter Luft, in der sie spärlicher enthalten sind als Gold im Meerwasser, indem z. B. in 600000 *l* Luft nur 4 *ccm* Xenon vorkommen. Die neuen Gase bilden eine eigene Reihe im periodischen Systeme, und zwar stehen sie den Halogenen in folgender Weise gegenüber:

	Atomgewicht		Dichte	Atomgewicht
H	= 1.0	Helium . . .	1.98	4.0
Fl	= 19.0	Neon	10.00	20.0
C	= 35.5	Argon	19.96	40.0
Br	= 80.0	Krypton . . .	40 8	81.6
J	= 127.0	Xenon	64.0	128.0

Der Refraktivität nach fügen sie sich gut in den Zusammenhang zwischen Atomgewicht und Brechungsquotient der übrigen Elemente ein. Das Verhältnis der spezifischen Wärme bei konstantem Drucke und konstantem Volumen ist für Argon 1.66, und zwar bis zum Siedepunkte der Luft (bei —185°). Die sämtlichen Gase haben wahrscheinlich eine sehr einfache Struktur, indem die Moleküle einatomig sind. Noch nicht untersucht sind Siedepunkt und Viskosität der neuen Gase.

Die Menge des Sauerstoffes in der Atmosphäre im Vergleiche zu jener in der Erdkruste. G. Stoney machte hierüber einige interessante Bemerkungen[1]. Die Atmosphäre besteht aus etwa 22.7 % Sauerstoff, 76 % Stickstoff und Argon und 1.3 % Wasserdampf und andern Bestandteilen. Da der mittlere Druck pro Quadratzentimeter 1033 *g* ist, folgt für den Sauerstoff 234.5 *g* über jedem Quadratcentimeter der Erdoberfläche.

Wasser enthält acht Teile Sauerstoff auf ein Teil Wasserstoff, es sind also 234.5 *g* Sauerstoff in 264 *g* Wasser enthalten. Eine Wasserschicht von 264 *cm* Tiefe enthält also so viel Sauerstoff wie die ganze Luft. Nicht anders verhält es sich auf dem festen Lande, eine Schicht der festen Erdkruste von derselben Tiefe enthält ebenso viel, wenn nicht mehr an Sauerstoff.

Man kann also sagen, dass eine Schicht von etwa $2^1/_2$ *m* der festen und flüssigen Erdkruste so viel Sauerstoff enthält, als die ganze Atmosphäre. Diese letztere bildet aber nur einen verschwindend kleinen Teil des gesamten Sauerstoffgehaltes der Erde, und ein kleines Plus an Sauerstoff in der Erdkruste hätte genügt, unsere Atmosphäre ihres ganzen Sauerstoffgehaltes zu berauben.

Das Vorkommen von Jod in der Atmosphäre ist durch Armand Gautier untersucht worden[2]. Es wurde zu diesem Zwecke Luft aus der Stadt, aus dem Walde, vom Meere und aus Gebirgen untersucht, und zwar sowohl die reine Luft als die in ihr schwebenden Partikelchen. Die Luft wurde zu diesem Zwecke durch Glaswolle filtriert und von den in der Glaswolle zurückgebliebenen, festen Körperchen die im Wasser löslichen (Jodüre) und die unlöslichen (organischen und organisierten Stoffe) auf Jod untersucht. Die Stadtluft war in Paris in Höhe von 3 *m* über dem Boden, in der Zeit vom Mai bis November 1898 und vom November 1898 bis März 1899, entnommen; im Walde von Sainville wurde die Luft in 170 *m* Höhe im Juli gesammelt; vom Gebirge (Ost-Pyrenäen) aus 2400 *m* Höhe im August; die Meeresluft stammte vom Leuchtturme zu Rochedovres (60 *km* von der Küste) im Oktober bei einem Winde der vom Meere herkam.

Die bei den sorgfältig ausgeführten Analysen gefundenen Thatsachen zeigen, dass 1. die Luft in Paris weniger als $^1/_{500}$ *mg* Jod in 4000 *l* Luft enthält. Gasförmig existiert das Jod in merklicher Menge weder in der Luft von Paris, noch in der Luft des Waldes, des Gebirges oder des Meeres. 2. Dasselbe gilt für Jod, das sich in Gestalt von löslichen Salzen im Staube finden könnte. 3. Hingegen findet man, wenn man 2000 — 3000 *l* Luft aus Paris, oder 200—300 *l* von dem Meere verarbeitet, eine kleine Menge Jod in fester, im Wasser unlöslicher Form. Dieses Jod wird nur wahr-

---

[1] Phil. Magaz. 1899. 47. p. 565.
[2] Compt. rend. 128. p. 643.

nehmbar, wenn man die Glaswolle, auf welcher es sich abgesetzt hat, mit schmelzendem Kali behandelt; es scheint somit in der Luft in Form komplizierter Jodverbindungen vorzukommen, vielleicht von Algen, Flechten, Moosen, Schizophyten oder Sporen. In dieser Form wurde in 1000 *l* Luft zu Paris 0.0013 *mg*, auf dem Meere 0.0167 *mg* gefunden, d. h. die Meeresluft enthält 13 mal so viel Jod in ihren suspendierten Körperchen als die Stadtluft, was auf das Meer als Hauptquelle des atmosphärischen Jods hinweisen würde.

Wenn das Jod, wie es aus dem Fehlen der löslichen Salze und aus dem Verhalten zum Kali wahrscheinlich ist, wirklich den organisierten Meeresbestandteilen (Diatomeen, Algen, Sporen u. a.) entstammt, dann muss der jodhaltige Staub leichter sein als der jodfreie und in grössern Höhen angetroffen werden als dieser. In der That enthielten 100 *g* Staub aus 40 *m* über der Erde nur 0.066 *mg* Jod, während aus 77 *m* Höhe 100 *g* Staub 0.551 *mg* Jod ergeben haben; der leichtere, organische Staub enthielt also achtmal so viel Jod als der schwerere. Dies spricht sehr dafür, dass das Jod vorzugsweise aus den mikroskopischen Algen und Sporen des Meeres herstammt, obwohl auch die niedern Landpflanzen zu diesem Gehalte der Luft an Jod beitragen können[1]).

Die Polarisation des Lichtes der Atmosphäre ist von Chr. Jensen 1894—1896 beobachtet und untersucht worden[2]). Diese Beobachtungen beschränken sich auf Untersuchung der Polarisation des Zeniths, und kommt Verf. zu folgenden Resultaten:

1. Es hat sich gezeigt, dass der tägliche Gang der Polarisation im Zenith in erster Linie durch die Sonnenhöhe bedingt ist, und zwar wurde eine Beziehung gefunden, die durch eine Kurve darstellbar war, welche einen fast geradlinigen Anstieg der Polarisation von etwa 54° bis auf nahezu —2° Sonnenhöhe zeigt, worauf ein Abfall eintritt. 2. Vergleicht man die im Juli, die im September und die während sämtlicher Monate des Jahres beobachteten und nach Tageszeiten zusammengefassten Polarisationswerte mit der eben genannten Kurve, so ergeben die gegen die »Normalhöhenkurve« genommenen Differenzen einen von der Sonnenhöhe befreiten, ausgeprägten Tagesverlauf, dessen Schwankung im Juli am stärksten ausgesprochen war. Die sich bei sämtlichen Kurven in den Mittagsstunden relativ schwach zeigende Polarisation scheint in nächster Beziehung zu einem um diese Zeit vorhandenen Bewölkungsmaximum zu stehen. Am späten Nachmittage geht die Polarisation im Zenith wieder zurück. 3. Die analog durchgeführte Vergleichung der nach Jahreszeiten angeordneten Polarisationswerte mit der Normalhöhenkurve macht es wahrscheinlich, dass die Polarisation im Sommer relativ gering, im Winter relativ gross ist. 4. Es fand sich bestätigt,

---

1) Naturwiss. Rundschau 1899. No. 20.
2) Beiträge zur Photometrie des Himmels. Kiel 1898.

dass Nebel, Rauch und Wolken, indem sie die Polarisationsgrösse herabdrücken, äusserst störend auf den regelmässigen Gang des Phänomens einwirken. 5. Für rote und für grüne Strahlen wurde die Beziehung zwischen der Helligkeit im Zenith und der Sonnenhöhe (und zwar zwischen den Höhen —8° und 45°) durch Kurven festgestellt.

Über neue Spektrallinien der Atmosphäre berichteten Moissan und Deslandres der Pariser Akademie der Wissenschaften. Sie versprechen sich von ihrer Beobachtung möglicherweise einen Nutzen für die von Ramsay und Travers in die Wege geleiteten neuen Untersuchungen der flüssigen Luft mittels fraktionierter Destillation. Sie untersuchten die Gase, die das im Vakuum erwärmte Mineral Cerit aussendet, und insbesondere den Rest, welcher nach der Explosion im Eudiometer mit Sauerstoff und nach der Absorption des Sauerstoffes durch Pyrogallussäure bleibt. Der Rest, 1—2 *ccm*, wird zur spektralen Untersuchung in eine luftleere Röhre gebracht, die mit einer Quecksilberröhre und mit Röhren, die zum Trocknen Pottasche und Phosphorsäureanhydrid enthalten, verbunden ist.

Das besonders im blauen und violetten Teile untersuchte Spektrum zeigte die charakteristischen Banden des Stickstoffes verhältnismässig stark, die Heliumlinien, einige Argonlinien und überdies die bisher in keinem bekannten Gase vorkommenden Linien von den Wellenlängen: 445.17, 414.37, 411.00, 410.80, 410.05.

Es waren jedoch stets die charakteristischen Stickstoffbanden vorhanden, und da der Stickstoff zum Teil von den Manipulationen am Quecksilber herrühren konnte, so führte dies auf die Vermutung, dass die atmosphärische Luft irgend eine Rolle dabei spiele; deswegen wurde gewöhnliche Luft in die Röhre gebracht und ihr Spektrum bei abnehmenden Drucken untersucht. Auch jetzt erschienen die neuen Linien noch, aber nur unter einem bestimmten Drucke, der kleiner ist als 1 *mm* und geringer als derjenige, bei dem Stickstoffröhren am hellsten glänzen. Schwach bemerkte man bei diesem Drucke auch die charakteristischen Argonlinien.

Die neuen Linien erschienen stärker, wenn man die Luft durch Stickstoff ersetzte, der in der gewöhnlichen Weise gewonnen war. Anderseits verschwanden die Stickstoffbanden, wenn man den Stickstoff durch Lithium oder Magnesium absorbieren liess.

Mithin sind diese neuen Linien entweder dem Stickstoff bei niedrigen Drucken eigentümlich, oder sie gehören einem neuen, in der Atmosphäre enthaltenen Gase an, das in seinen chemischen Eigenschaften dem Stickstoff nahe steht. Wegen des gleichzeitigen Auftretens der Argonlinien halten Moissan und Deslandres das letztere für wahrscheinlich [1]).

---

[1]) Zeitschr. f. kompr. u. flüssige Gase 2. 78, durch Pharm. Centralh. No. 39. p. 703.

Über die neuern Messungen der Konstante der Sonnenstrahlung verbreitete sich eingehend G. B. Ricco[1]). Die von den verschiedenen Beobachtern gefundenen Unterschiede sind so bedeutend, dass sie weder auf wirkliche Veränderungen, noch auch, wie Ricco meint, auf Beobachtungsfehler zurückzuführen sind, vielmehr müsse man annehmen, dass die Verschiedenheit der bei der Berechnung benützten Methoden die Ursache sei. Die bisher angewandten Reduktionsformeln kann man in zwei Gruppen unterscheiden: Inklinations- und Höhenformeln. Bei den erstern nimmt man für eine beliebige Station ein Gesetz an, nach welchem die Intensität der Sonnenstrahlung vom Neigungswinkel der Strahlen gegen die Ebene des Horizontes abhängt; bei den andern bestimmt man zunächst die Intensität der Strahlung an Stationen in verschiedenen Meereshöhen und hierauf die Intensität als Funktion des Druckes der von den Strahlen durchlaufenen Luftschichten. Diese Höhenformeln sind nun nach Ricco allein zulässig, und sie liefern gut übereinstimmende Werte. Nach der von Ricco gegebenen Formel findet sich, dass die Sonnenkonstante zwischen 2.5 und 2.6 kleinen Kalorien (pro Quadratzentimeter und Minute) liegt.

14. Lufttemperatur.

Die Temperatur der freien Atmosphäre und ihre Änderung mit der Höhe. L. Teisserenc de Bort hat[2]) seit April 1898 zu Trappes eine grosse Anzahl von unbemannten Ballons aufsteigen lassen, die, mit Registrierapparaten versehen, die Temperaturverhältnisse in verschiedenen Höhen der Atmosphäre ermitteln sollten. Im ganzen sind 100 Aufstiege ausgeführt worden, wovon 7 bis über 14 000 *m* Höhe erreichten, 24 bis 13 000 *m*, 53 bis zu 9000 *m*. Die Ergebnisse der sorgfältigen Prüfung der erhaltenen Kurven ergaben folgende Resultate:

1. Die Temperatur zeigt in verschiedenen Höhen im Laufe des Jahres bedeutende Schwankungen, und zwar viel beträchtlichere, als man nach den frühern im Ballon gemachten Beobachtungen angenommen hat.

Die Temperatur 0° findet sich in sehr verschiedenen Höhen; dies erklären ausreichend die Temperaturschwankungen des Bodens, der selbst diese Temperatur oft im Winter erreicht, während er sich im Sommer stark erwärmt. So kann die Isotherme von 0°, welche zu bestimmten Zeiten am Boden liegt, oder überhaupt nicht in der Atmosphäre existiert (in den Fällen negativer Temperaturen), sich zu andern Zeiten von ihm entfernen, und in der warmen Jahreszeit kann sie oberhalb 4000 *m* angetroffen werden.

---

[1]) Mem. Reale Accademia della Scienze di Torino 1898. Ser. 2. 47. p. 319.
[2]) Compt. rend. 129. p. 417.

Die Isotherme — 25°, die gewöhnlich vom Boden entfernt bleibt, ist auch grossen Schwankungen der Höhe unterworfen. Man findet sie in etwa 3000 *m* im Winter und oberhalb 7000 *m* im Sommer. Im September wurde sie sogar in mehr als 8000 *m* angetroffen; das macht im Verlaufe von 16 Beobachtungsmonaten eine Höhenschwankung von 5000 *m* (während wahrscheinlich die Extreme noch gar nicht zur Beobachtung gelangten).

Die Isotherme von — 40° hat sich wiederholt bis 6000 *m* hinabgesenkt; sie liegt gewöhnlich bei 9000 *m* und übersteigt selbst diese Höhe, namentlich gegen Ende des Sommers.

Die Temperatur von — 50° ist niemals weit unterhalb 8000 *m* angetroffen worden; in grösster Höhe wurde sie im September 1898 und im Juli 1899 angetroffen, nämlich in 12000 *m*. Sie schwankt also um mindestens 4000 *m*. Man erkennt also, dass selbst in dieser Höhe, wo man zwei Drittel der Atmosphärenmasse unter sich hat, die Schwankungen der Temperatur noch sehr gross sind.

2. Diesen Beobachtungen gemäss scheint es, dass selbst bis gegen 10000 *m* eine ziemlich ausgesprochene Tendenz zu einer jährlichen Schwankung der Temperatur existiert; das Wärmemaximum tritt gegen Ende des Sommers auf, das Minimum am Ende des Winters, aber diese Erscheinung wird gestört durch Schwankungen von einem Tage zum andern, die durch Änderungen der atmosphärischen Verhältnisse bedingt werden, Schwankungen, die sehr ausgesprochen sind. So fand man z. B. in ein und derselben Jahreszeit die Isotherme von — 40° in 8500 *m* Höhe am 14. März 1899 und in 6600 *m* am 24. März.

Wenn man die Veränderlichkeit der Temperatur in verschiedenen Höhen berechnet, indem man die positiven und negativen Abweichungen der Temperaturen von dem allgemeinen Mittel für diese Höhen bei jedem Aufstiege bestimmt, sieht man, dass, sowie man sich etwas vom Boden entfernt hat, die Abweichungen nicht viel mit der Höhe differieren bis zu 9000 *m*. Eine Zusammenstellung der mittlern Abweichungen zeigt (entgegen der bisherigen Annahme), dass eine schnelle Abnahme der Veränderlichkeit der Wärme mit der Höhe nicht existiert. Die Temperaturabnahme in senkrechter Richtung variiert vielmehr merklich von einem Tage zum andern, und diese Schwankungen sind wie die Temperatur selbst an die verschiedenen atmosphärischen Zustände geknüpft.

Über die vertikale Temperaturabnahme in der Atmosphäre bemerkt Dr. Assmann[1]), dass die Beobachtungen während der zahlreichen von Berlin aus unternommenen Luftfahrten gezeigt haben, dass die Vielgestaltigkeit der atmosphärischen Vorgänge in den untern Schichten bis zur Höhe von etwa 4000 *m* eine ausserordentliche Vermehrung der Beobachtungen erheischt, während in den

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 266.

höhern Regionen schon wenige »Stichproben« ausreichen, um ein zutreffendes Bild der dort herrschenden Zustände zu gewinnen. Betrachtet man die Temperaturen, wie sie sich aus 64 dieser wissenschaftlichen Freifahrten in den verschiedenen Höhen ergeben haben, so wird man bemerken, wie eine schnelle Abnahme der Schwankungsgrösse oberhalb von 4000 *m* eintritt. Folgende kleine Tabelle giebt einen Auszug aus diesen Beobachtungen, denen, was nicht unerwähnt bleiben darf, volle Zuverlässigkeit zuerkannt werden muss.

Höhe *m*	Zahl der Beobachtungen	Maximum	Minimum	Unterschied
0	62	26°	— 6°	32°
1000	62	18	—11	29
2000	53	12	—18	30
3000	43	7	—22	29
4000	30	2	—30	32
5000	18	— 5	—28	23
6000	10	—11	—34	23
7000	4	—20	—32	12
8000	3	—31	—39	8
9000	1	—46°		—
9150	1	—48		—

Die Lage der Isotherme von 0° C. hat E. Illés v. Edvi jr. einer mathematischen Betrachtung unterzogen[1]). Unter Annahme einer Anzahl vereinfachender Voraussetzungen, z. B. dass die Luft diatherman ist und nur vom Erdboden aus erwärmt wird, und dass sie ursprünglich in ihrer ganzen Höhe eine bestimmte Temperatur besessen habe, kommt er zu folgendem Ergebnisse: Die Schwankung der einzelnen thermischen Niveauflächen, das Steigen oder Sinken derselben hat nicht die gleiche Schwankung der barometrischen Niveaus notwendig zur Folge. Die Schwankung der letztern ist in der Wirklichkeit viel geringer, als diejenige, welche sich aus den theoretischen Erwägungen ergiebt.

15. Luftdruck.

Der tägliche Gang des Barometers in Nordamerika. J. Hann hat zu den bisher von ihm bezüglich der täglichen Oszillation des Barometers untersuchten Orten noch 20 andere hinzufügen können, von denen in einer Publikation A. W. Greely's, Beobachtungen angeführt werden[2]). Die von Prof. Hann berechneten und aufgeführten Tabellen geben ihm Veranlassung zu folgenden Bemerkungen:

»Die Phasenzeit (A_1) der ganztägigen Schwankung ist ziemlich übereinstimmend von 50° Breite bis herab zu 18° (wenn man Halifax und Port-au-Prince ausnimmt). Sie ist im Mittel aller Stationen östlich von 100° W und der Stationen an der pazifischen Küste

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 157.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 420.

344^0, d. i. das Maximum tritt um 7^h vormittags ein. Auf den Plateaus im W von 100^0 W aber tritt dasselbe schon ca. $1\frac{1}{2}$ Stunden früher ein ($A_1 = 8^0$ bei Ausschluss von Salt-Lake-City, das den Charakter einer Küstenstation zu haben scheint).

Die Phasenzeit (A_2) der halbtägigen Barometerschwankung ist im O systematisch verfrüht, das Maximum fällt auf $9\frac{1}{2}^h$ morgens und abends ($A_2 = 163^0$), im W an der pazifischen Küste (ähnlich wie unter europäischen Meridianen in gleicher Breite) nach 10^h ($A_2 = 148^0$). Die Plateauländer nehmen eine Mittelstellung ein ($A_2 = 158^0$).

Die Amplitude der ganztägigen Schwankung (a_1) zeigt keine bestimmte Abhängigkeit von der geographischen Breite, sie ist örtlich recht verschieden. Die Amplitude der halbtägigen Schwankung (a_2) dagegen zeigt unter allen Meridianen eine sehr regelmässige Zunahme mit Abnahme der Breite, doch scheint sie an den Küsten unter gleicher Breite etwas grösser zu sein, als im Innern des Kontinentes.«

Über Schwankungen in der Luftdruckverteilung verbreitete sich Prof. R. Börnstein in der Sitzung am 19. September der meteorologischen Gruppe der Versammlung deutscher Naturforscher zu München 1899. Aus den Barogrammen von Berlin, Magdeburg (je 15 Jahre) und Potsdam (6 Jahre) wurde der Gang des Luftdruckes im siderischen Monate hergeleitet und zeigte übereinstimmend eine einmalige Schwankung, deren Maximum auf den 12., deren Minimum auf den 23. Tag nach dem nördlichen Lunistitium fällt. Mit geringerer Deutlichkeit fand sich diese Schwankung in Wien vor, noch weniger in Upsala, San Fernando und Port-au-Prince, gar nicht in Batavia.

Über die Ursache der doppelten täglichen Oszillation des Barometers giebt G. Tippenhauer einige Ausführungen[1]), in denen er eine Erklärung derselben auf rein dynamischer Grundlage versucht. Er kommt zu dem Schlusse, dass die Amplitude der dynamischen täglichen Oszillation annähernd dem Cosinus der geographischen Breite proportional ist.

16. Wolken.

Die Bewölkung über den Alpen vom Ballon aus, gelegentlich der Fahrt der Wega über Alpen und Jura gesehen, schilderte Prof. Heim[2]). »In dem von uns überblickten Lande,« sagt er, »waren vier verschiedene Typen von Wolken zu beobachten, welche nach Lage und Verhalten sich ganz verschieden zeigten. Auffallenderweise ist aber die Bewölkung bei allen Arten von Wolken den ganzen Tag hindurch unverändert geblieben, es trat kein Wechsel ein.

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 120.
[2]) Die Fahrt der Wega. Basel 1899. p. 66 ff.

1. Als wir zuerst etwa auf 4000 *m* Meerhöhe über den Diablerets gestiegen waren, sahen wir durch die Passlücken des Gebirgsgrates hinter dem Matterhorn, Mont Colon und Grand Combin dicke, schwarze Regenwolken lagern. Sie schienen aus dem Aostathal, das wie ein schwarzes Loch aussah, über die Grate in Wallis kommen zu wollen, lösten sich aber immer wieder auf und überschritten den südlichen Walliserbergkamm nicht. Sie blieben stets an derselben Stelle unverändert gelagert von vormittags $^1/_2$12 Uhr bis mittags gegen 2 Uhr so lange wir sie beobachten konnten. Unser SO-Wind wäre herrlich gewesen, um von Locarno aus die Alpen zu überfliegen, allein auf der Südseite der Alpen war durchweg Regenwetter, so dass man von dort am 3. Oktober gar nicht an die Fahrt hätte denken dürfen.

2. Die Alpengipfel waren umlagert von kleinen Ballwolken (Cumuli). Dieselben reichten an den Bergen des Rhonethalgebietes kaum unter 3000 *m* hinab. Der Thalstrich und die tiefern Gehänge waren vom klarsten Himmel überwölbt, die Gipfel unter 3000 *m*, z. B. die meisten Berge des Chablais, waren wolkenfrei, Diablerets, Muveran, Dent du Midi u. s. w. trugen Wolkenmützen, und der Mont Blanc entblösste sein Haupt den ganzen Tag nie. Diese Ballwolken häuften sich nicht zu grossen Massen, sie blieben klein und wie klebend am Berge. Vom Ostnordostwind getrieben strichen sie an den Bergen langsam in wenig veränderlicher Gestaltung hin. Bald liessen sie da, bald dort einige bekannte Gipfel zwischen sich herausschauen, aber sie verhinderten einen einheitlichen Blick auf das Gipfelheer der Alpen. Die Anordnung dieser Ballwölklein zeigte deutlich die Abhängigkeit ihrer Bildung und Lagerung vom Terrain, sie entstanden nur nahe der Bergoberfläche und krochen auf derselben hin, nur selten wie z. B. über dem Chablais entfernten sie sich in einigen grössern Lappen abstehend in die freie Luft hinaus. Gegen Osten war das Gewirre der Ballwolken lückenreicher. Den Tödi hüllten sie meistens ein, den Mürtschenstock, Säntis, Urirothstock, Glärnisch, die freilich alle nicht ganz 3000 *m* erreichen, liessen sie vollständig frei. Unsere Fahrt brachte uns über dem Thale so hoch, dass wir die Bergwolken kaum streiften, wir blieben beständig hoch über denselben.

3. Das Nebelmeer war am 3. Oktober 1898 als eine ebene horizontale dünne Schicht kleiner Ballwolken entwickelt, welche offenbar die Grenzregion zwischen der obern Strömung aus SO und der untern aus NO bedeutete und in fast stiller Luft stille stand. Über dem Nebelmeere war der Himmel vollständig klar, und höhere Cirruswolken fehlten fast ganz. Unter dem Nebelmeere aber war ein feiner, glatter, bläulich-weisser Dunst, welcher mit ziemlich scharfer Grenze nach oben gerade bis ins Niveau der kleinen Nebelmeerwölkchen reichte. Die Nebelmeerschicht war glücklicherweise sehr lückenhaft. Gerade über dem grössten Teile der westlichen Schweiz, wo wir fuhren, war sie bloss angedeutet durch vereinzelte kleine Wölklein, welche, von oben wie Baumwollflocken aussehend, streng

am obern Rande der untern trübern Luftschicht sich hielten, das Land war offen. So reichten die blossen Andeutungen des Nebelmeeres ins Rhonethal bis Val d'Illiez, aber nicht weiter hinauf. Man sah die obere Dunstgrenze mit einigen Wolkenflocken deutlich über Thuner- und Brienzersee. Über Bern und im Jura, von Neuenburg an östlich, war die Nebelmeerschicht zusammenhängend, so dass Pilatus, Rigi, Mythen, Säntis als Inseln daraus hervorragten. Dort im Osten stand ihre obere Grenze zwischen 1400 und 1500 *m* (Rigikaltbad eben noch sichtbar), gegen Westen und in die Alpenthäler hinein eher etwas höher bei 1600—1800 *m*. Die Dicke der Nebelmeerschicht nahe ihrem Rande schien meistens nicht viel mehr als 50—100 *m* zu betragen, nur wo sie dicht zusammenhängend war, wie z. B. wo wir sie beim Abstiege durchfahren haben, mag sie über 200 *m* erreicht haben. Nirgends mischten sich die vorher besprochenen Alpenwolken mit den Gebilden des lückenhaften Nebelmeeres. Die erstern lagen höher und nur vom Diableretkamme an südlich, die letztern tiefer und von den Alpen an nördlich. Die erstern schmiegten sich der Gebirgsoberfläche an, die letztern waren in ein ebenes Niveau geordnet, welches ganz unabhängig von der Gestaltung und der Beschaffenheit des Untergrundes blieb. Kaum war hie und da ein zwischenliegendes Wölklein zu sehen, dessen Zugehörigkeit zur einen oder andern dieser Kategorien zweifelhaft gewesen wäre. In der Form des einzelnen Wölkchens war aber kein Unterschied zu sehen, er lag nur in der Gruppierung und Stellung. Das ganze Gebilde des Nebelmeeres erschien dem Auge als eine unermessliche Ebene, etwa als ob eine etwas trübe Glasplatte mit Baumwollflocken überstreut zwischen den tiefern und höhern Luftschichten im Niveau von 1600—1800 *m* stünde. Senkrecht hinab gesehen war die Trübung durch die untere Luftschicht wenig bemerkbar, wohl aber bildete sie für die schiefe oder flache Blickrichtung einen Schleier über der Erdoberfläche. Die photographischen Aufnahmen wurden durch den letztern sehr stark beeinträchtigt. Die Nebelmeerschicht in dieser Gestaltung ist wohl bei sonst guter Witterung eine bezeichnende Herbsterscheinung. Sie trug nicht wenig dazu bei, im Beschauer das Gefühl zu erwecken, dass er abgeschlossen von der Erde, ausserhalb derselben in einer andern Welt schwebe.

Dass über der Nebelmeerschicht SO-Wind, darunter NO wehte, ferner dass sie da, wo wir sie beim Abstieg durchfielen, sehr dick grau und dunkel uns vorkam, haben wir schon hervorgehoben. Auch an dieser Stelle betone ich die Thatsache, dass sich gar keine Beziehung von der Bodengestalt zu den Lücken und Rissen im lückenhaften Nebelmeere erkennen liess. Während unserer ganzen Fahrt schlug nie der Laut eines Vogels an unser Ohr. Über dem Nebelmeere als Hintergrund hätten wir z. B. fliegende Raben sehr gut sehen sollen. Ich habe darauf geachtet, aber nichts entdeckt. Die Vögel halten sich alle dem Boden nahe, und nur im Gebirge über Thälern

gelangen sie gelegentlich in grosse Höhen. Die Luftschichten über dem tiefen Lande scheinen schon in 2000 *m* Höhe ohne jeden belebten Bewohner zu sein, auf 6000—7000 *m* über dem Tieflande steigt nie ein Vogel.

4. Gegen Osten hoch über den Alpen und ebenso gegen Norden und Westen in unbekannter Entfernung standen am sonst dunkel schwarzblauen Himmel einige trübe verschwommene weissliche Streifen. Man muss sie wohl zu den Cirro-Stratus-Wolken stellen. Sie bildeten glatte, nicht geschäfelte Federn, sie waren also auch nicht als Niveau eines Windrichtungswechsels zu deuten. Unsere Fahrt brachte uns nicht in Verbindung mit diesen obern Wolken. Der Himmel senkrecht über uns war auf der ganzen Länge unserer Fahrt wolkenfrei. Niemals traf uns ein Schatten, selbst nicht eine Lichtschwächung durch einen Cirrus. Wie hoch jene Cirro-Stratus-Wolken waren, ob höher als die Kulmination unserer Fahrt oder nicht, konnten wir nicht beurteilen.«

Höhenmessungen der Wolken in Schweden. Über die schwedischen Beobachtungen während des internationalen Wolkenjahres ist ein Bericht von Hildebrandsson, Lundal und Westman erschienen[1]), welcher neben einer historischen Einleitung die photogrammetrischen Messungen in Upsala 1896—1897 bringt, und aus dem R. Süring einen Auszug giebt[2]). Die Ergebnisse für die Höhen der einzelnen Wolkenformen und für ihre Geschwindigkeiten enthält folgende Tabelle:

	Höhen in *km*				Geschwindigkeiten in *m* p. s.			
	Mittel				Mittel			
	Sommer	Winter	Maxim.	Minim.	Sommer	Winter	Maxim.	Minim.
Ci	8.18	6.98	11.34	3.61	20.1	22.9	67.7	3.3
Ci.-S	6.36	5.46	9.95	2.92	39.3	13.1	54.0	8.6
Ci.-Cu	6.45	6.13	10.63	2.46	17.1	17.7	62.2	2.2
A.-S	2.77	4 09	6.62	1.47	5.4	—	14.5	0.8
obere A.-Cu	5.22	5.03	8.85	4.01	14.9	16.2	39.0	5.0
untere A.-Cu	2.68	3.28	3.99	1.28	8.7	9.5	31.6	1.5
S.-Cu	1.77	1 96	4.39	0.47	6.7	12.5	33.9	1.6
N.	1.20	0.99	2.54	0.23	7.1	6.1	12.3	1.7
Cu-Gipfel	2.00	1.52	4.40	0.67	7.0	11.6	19.1	0.6
Cu-Basis	1.45	0.71	2.93	0.52	6.3	—	7.4	2.7
Cu	1.68	1.65	3.68	0.78	15.0	7.8	41.4	2.5
Fr.-Cu	1.83	1.22	3.38	0.41	7.8	11.5	14.5	3 5
Cu.-N. Gipfel	3.97	5.18	9.02	2.28	8.8	17.3	27.5	1.6
Cu.-N. Basis	—	1.38	2.58	1.38	—	—	—	—
S.	—	0.51	0.55	0.47	—	—	—	—

Die Übereinstimmung mit den frühren Wolkenmessungen in Schweden ist sehr befriedigend. Der Einfluss der Jahreszeiten spricht sich bei den meisten Wolkenformen deutlich aus, eine Ausnahme

[1]) Études internationales des Nuages 1896—1897. Upsala 1898.
[2]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 92.

machen A.-S, unterer A.-Cu, S.-Cu und Cu.-N. Im allgemeinen steigt die Höhe einer bestimmten Wolkenform vom April bis zum Juni oder Juli rasch an und nimmt dann langsam bis zum Dezember ab. Das abweichende Verhalten von Ci.-Cu, A.-Cu und Cu.-N (Herbstmaximum) scheint charakteristisch zu sein. Für eine genaue Ermittelung der täglichen Periode ist das Material nicht umfangreich genug, immerhin lässt sich erkennen, dass mittags die Ci ein Maximum, die mittlern Wolken ein Minimum der Höhe haben, während die untern Wolken bis zum Nachmittage ansteigen.

Der Einfluss der Temperatur auf die Wolkenhöhe ist bei den untern Wolken natürlich sehr scharf ausgesprochen; die A.-Cu zeigen trotz zahlreicher Messungen fast gar keine Abhängigkeit, deutlicher ist wiederum das Ansteigen der Höhe mit zunehmender Temperatur bei den Ci, jedoch scheint auch hier bei mittlern Temperaturen ein Maximum erreicht zu werden. Die Beziehung der Wolkenhöhe zum Luftdrucke ist ebenfalls wenig ausgeprägt; im allgemeinen sind die Wolkenhöhen bei tiefem Luftdrucke am niedrigsten, erreichen bei normalem Drucke ein Maximum und sinken dann wieder. Die folgende Tabelle lässt weitere Einzelheiten — besonders betreffs der untern Wolken — erkennen.

Beziehung der Wolkenhöhe (*km*) zu Temperatur und Luftdruck.

Temperatur	Ci	Ci-Cu	A.-S	obere A.-Cu	untere A.-Cu	S.-Cu	N	Cu-Gipfel	Cu-Basis
< — 10°	5.77	—	—	—	2.82	0.77	—	—	—
— 10 bis — 5°	6.80	5.04	—	—	2.37	1.06	—	—	—
5 » 0°	6 75	6.13	—	4.49	2.46	1.51	0.91	—	—
0 » 5°	7.34	6.15	2.54	4.26	3.14	1.49	0.98	1.34	0.77
5 » 10°	7.33	7.02	3.61	4.76	2.58	1.70	0.85	1.44	1.20
10 » 15°	7.94	6.89	3.08	5.57	2 45	2.08	0.93	1.84	1.36
15 » 20°	8.38	6.22	3.00	5.63	2.73	1.85	1.34	2.10	1.30
20 » 25°	8.82	6.32	3.02	4.67	3.16	1.59	1.56	2.25	1.64
25 » 30°	8.45	5.54	2.70	5.26	3.23	—	1.34	2.76	2.19
über 30°	—	—	—	—	—	—	—	3.32	2.66
Luftdruck									
<745 *mm*	6.42	6.99	—	4.77	3.21	1.70	0.99	1.71	0.89
745—750	6.76	5.82	6.17	5.47	2.23	1.89	1.01	1.91	1.17
750—755	7.45	6.53	3.23	5.20	3.06	1.91	1.16	1.94	1.45
755—760	8.28	5.99	2.90	5.16	2.79	1.74	1.19	2.17	1.62
760—765	8.04	7.12	1.87	5.00	2.68	1.52	1.30	1.99	1.31
765—770	8.45	6.23	5.64	6.05	2.31	1.35	0.86	1.77	1.40
> 770	8.37	6.47	2.54	4.61	3.00	1.71	0.70	1.40	0.79

Über die Änderung der Wolkengeschwindigkeit mit zunehmender Höhe geben die folgenden Zahlen unmittelbar Aufschluss:

Höhenschicht	Sommer	Winter
0— 2000 *m*	9.3 *m* p. s.	9.0 *m* p. s.
2— 4000	6.6	10.8
4— 6000	12.0	19.9
6— 8000	20.3	20.5
8—10000	19.7	33 5
Mittel:	13.6	18 7

Die Richtung des Wolkenzuges weicht gegen den Unterwind überwiegend nach rechts (im Sinne des Uhrzeigers) ab, besonders im Winter; die Grösse der Abweichung ist jedoch sehr schwankend.

Für praktische Verwendung der Wolkenmessungen wenig erfreulich ist das Ergebnis, dass die Wolkenformen, mit Ausnahme der Fr.-Cu, sich wenig an eine bestimmte Höhenschicht binden; ihre Häufigkeit ist ziemlich konstant innerhalb mächtiger Schichten (z. B. Ci 3 bis 4000 *m*). Das Häufigkeitsmaximum der untern Wolken liegt im Sommer zwischen 1600 und 2000 *m*, im Winter zwischen 400 und 1600 *m*.

Zugrichtungen der Wolken in Schweden. Entsprechend den vom permanenten internationalen Komitee zu Upsala im August 1894 festgestellten Instruktionen, sind in Upsala selbst, sowie in Skara, Linköping, Wisby und Lulea in der Zeit vom Mai 1896 bis Ende Dezember 1897 regelmässige Beobachtungen über den Zug der Wolken angestellt worden. Die Ergebnisse derselben hat H. Hildebrandsson veröffentlicht[1]).

Es ergiebt sich, dass die Windrichtung in der Höhe der obern Wolken im Winter mehr nördlich und mehr südlich im Sommer ist. Die Differenz ist am kleinsten in Lappland und auf den baltischen Inseln. Diese jährliche Veränderung findet auch noch statt in der Region der mittlern Wolken, dagegen nicht mehr für die untern Wolken. Was die tägliche Variation anbelangt, so ist in der warmen Jahreszeit die Zugrichtung der Wolken morgens und abends nördlicher, mittags südlicher als im Durchschnitte, nur für die höchsten Wolken (Cirrus und Cirrostratus) ist die südliche Komponente abends am grössten. Die nördliche Komponente ist in der kältesten Zeit am grössten, die südliche in der wärmsten. Ausser an den obigen ist auch noch an einer Anzahl anderer Orte Schwedens der Zug der Cirruswolken teilweise seit Ende 1873 mehrere Jahre hindurch beobachtet worden. Hildebrandsson hat aus diesen Beobachtungen die mittlern Richtungen des Zuges der Cirruswolken für Winter und Sommer berechnet und auf einer Karte dargestellt.

Die Bewölkung in Europa an Cyklonen- und Anticyklonen-Tagen ist von Dr. B. Kassner untersucht worden[1]). Aus Mangel an geeignetem und homogenem Materiale musste sich der Verf. auf die Stationen Bodö, Christiania, Budapest, St. Petersburg-Pawlowsk und Tiflis beschränken, von denen dreimal tägliche, 1871—1890 umfassende Beobachtungen der Wolkenbedeckung in Zehnteln der Himmelsfläche vorliegen. Als Cyklonen- und Anticyklonen-Tage sind diejenigen bezeichnet worden, an welchen der tiefste und höchste

---

[1]) Études internationales des Nuages 1896—1897. Observations et Mesures de la Suède. III. Publ. de l'Observ. météorol. de l'université Roy. d'Upsala.

[2]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 241 ff.

Barometerstand in einem Monate eintrat, dabei wurde auch der vorhergehende und der folgende Tag berücksichtigt.

Zunächst musste die mittlere Bewölkung für die genannten Orte berechnet werden, und giebt Verf. darüber folgende Tabelle:

Mittlere Bewölkung 1871—1890.

	Bodö			Christiania			Budapest			Pawlowsk			Tiflis			Tagesmittel				
	8a	2p	8p	8a	2p	8p	8a	2p	8p	7a	1p	9p	7a	1p	9p	Bodö	Christiania	Budapest	Pawlowsk	Tiflis
Jan.	72	73	68	74	68	64	68	63	59	79	83	78	68	63	53	71	69	63	80	61
Febr.	65	65	59	71	65	60	64	60	52	75	74	65	71	65	56	63	65	59	71	64
März	65	61	59	61	57	50	52	54	46	71	66	60	65	59	50	62	56	51	66	58
April	62	60	64	55	54	49	51	59	43	62	62	56	65	60	54	62	53	51	60	60
Mai	62	59	61	51	56	44	47	56	43	62	67	59	53	54	52	61	50	49	63	53
Juni	60	55	56	48	52	45	39	50	42	51	57	52	48	44	50	57	48	44	53	47
Juli	63	57	60	53	59	51	32	41	35	55	63	56	46	39	40	60	54	36	58	42
Aug.	68	63	67	55	56	49	33	40	28	60	67	55	44	34	38	66	53	34	61	39
Sept.	69	69	70	63	59	50	42	46	31	68	70	56	52	41	42	69	57	40	65	45
Okt.	70	66	67	68	66	59	57	56	45	80	79	73	59	48	44	68	64	53	77	50
Nov.	69	72	67	70	68	62	70	67	61	88	86	82	61	55	45	69	67	66	85	54
Dez.	67	70	63	71	72	64	71	68	63	82	84	78	63	60	51	67	69	67	81	58
Jahr	66	64	63	62	61	54	52	55	46	69	71	64	58	52	48	64	59	51	68	53

Es zeigt sich, wie schon Köppen gefunden, dass im jährlichen Gange das Maximum um so später und das Minimum um so früher eintritt, je maritimer eine Station gelegen ist.

In noch höherem Grade zeigt sich aber der Einfluss des maritimen und kontinentalen Klimas in der Jahresamplitude, die in

Bodö	Christiania	Budapest	Pawlowsk	Tiflis
14	21	33	32	25

beträgt. Pawlowsk, das schon mehr dem Binnenlande angehört, hat die gleiche Amplitude wie Budapest, das intermarine Tiflis die gleiche wie die Fjordstadt Christiania und schliesslich Bodö die kleinste Amplitude von kaum anderthalb Stufen der Skala 0—10.

Wie die Jahresschwankung, so zeigt auch der tägliche Gang den klimatischen Charakter jedes Ortes: je weiter ab vom Meere, um so grösser ist die Tagesschwankung; sie beträgt

	im Maximum		im Minimum		im Jahresmittel
zu Bodö . . .	7%	(Dez.)	1%	(Sept.)	3%
» Christiania .	13	(Sept.)	6	(April)	8
» Budapest. .	16	(April)	6	(März)	9
zu Pawlowsk .	14	(Sept.)	5	(Jan.)	7
» Tiflis . . .	16	(Nov.)	4	(Mai)	10

Der tägliche Gang kann noch andere bemerkenswerte Unterschiede aufweisen. Während Bodö die grösste Bewölkung meist früh, nur im November bis Februar um die Mittagszeit hat, und die geringste Bewölkung stets am unmittelbar folgenden Beobachtungstermine eintritt (im Sommer also mittags ,im Winter abends), ist in Christiania der Himmel abends stets am heitersten, am trübsten mittags im Sommer und morgens im September bis April. Das

mittägliche Maximum im Mai bis August, das offenbar von der schon mehr kontinentalen Kumulusbildung herrührt, wird in dem ganz binnenländischen Budapest schon vom März an und bis in den September hinein beobachtet, wodurch das Morgenmaximum auf die fünf kältern Monate Oktober bis Februar beschränkt ist; das Minimum tritt nur im Juni und Juli früh auf, sonst aber stets abends. Genau das gleiche Verhalten zeigt das Minimum der Bewölkung bei Pawlowsk, und auch das Maximum fällt im ganzen Sommer auf den Mittag, vorher und nachher auf den Morgen und nur im Dezember und Januar wieder auf den Mittag, wie bei dem maritimen Bodö. Tiflis endlich hat meist ein Morgenmaximum und ein Abendminimum.

Die Untersuchung ergiebt nun, dass der tägliche Gang der Bewölkung am Cyklonen-Haupttage nicht so regelmässig, als der normale ist. Die Ursache hierfür liegt hauptsächlich darin, dass die Zentren der Cyklonen denselben Ort nicht zur selben Tageszeit passieren, sondern bald früh, bald mittags, bald abends vorüberziehen.

Die weitere Untersuchung zeigt, dass das Maximum der Bewölkung nur im Sommer und Herbste auf den Haupttag fällt, dass dagegen im Winter und Frühlinge neben dem Morgen des Haupttages auch der Abend des Vortages sich durch eine grosse Himmelsbedeckung auszeichnet. Der Vortag hat im allgemeinen eine etwas geringere Bewölkung als der Haupttag und fast stets eine grössere als der Nachtag. Dieses Resultat entspricht vollkommen der bisherigen Vorstellung über die Verteilung der Wolken in Cyklonen, wie sie in der schematischen Darstellung von Cl. Ley und in dem von der Deutschen Seewarte herausgegebenen »Segelhandbuch für den Atlantischen Ozean« niedergelegt ist.

Einige Eigentümlichkeiten zeigen sich noch, die zum Teil wohl der nicht genügend langen Beobachtungsreihe von 20 Jahren zuzuschreiben sind, zum weitaus grössern Teile doch aber thatsächlich vorhanden sein dürften, so die sehr starke Abnahme der Bewölkung am Abende des Haupttages in Christiania, d. h. also bald nach dem Vorübergange des Zentrums der Depression. Die Ursache ist jedenfalls darin zu suchen, dass nach diesem Vorübergange der bisher südliche und damit feuchte Meerwind in einen nordwestlichen trockneren Landwind übergeht, welch letzterer noch dazu wegen des im NW gelegenen Gebirgslandes trotz seines cyklonalen Charakters im wesentlichen eine absteigende Tendenz hat und sich dabei von seinem Sättigungspunkte entfernt.

Bei Bodö liegen die Verhältnisse umgekehrt, denn denken wir uns eine Depression auf der für diesen Ort hauptsächlich in Frage kommenden Zugstrasse I, so werden zunächst südöstliche Winde, die gleichfalls von den Bergen föhnartig herabsteigen, wenig Bewölkung erzeugen; sobald aber das Zentrum nahe gekommen ist, wird der Wind mehr und mehr maritimer und damit feuchter, erst ganz

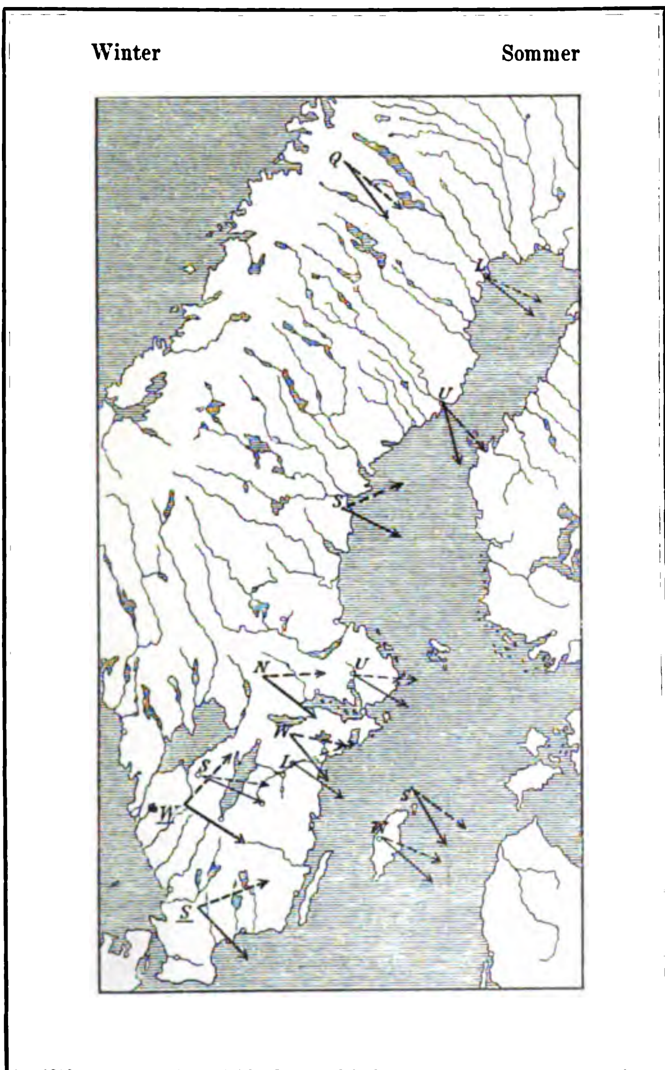
allmählich hört nach dem Vorübergange das Wolkenbrauen auf, wenn der Wind nach N herumgegangen ist und damit aus kalten, feuchtigkeitsärmern Gegenden kommt. Bei Pawlowsk und Tiflis treten die Beziehungen zwischen Depressionen und Bewölkung nicht so klar zu Tage, und zwar wegen des sehr verwickelten Einflusses der hier reichlich vorhandenen Land- und Wassermassen. Ausserdem geschieht die Wanderung der Minima bei diesen Orten wie auch bei Budapest im grossen und ganzen nicht in so ausgesprochenen Bahnen wie bei Bodö und Christiania, es kreuzen sich vielmehr in der Nähe jener Orte mehrere Zugstrassen, wodurch je nach der grössern oder geringern Frequenz derselben so mannigfache Beeinflussungen sich geltend machen, dass sie bei den hier benutzten Mittelwerten in klarer Weise nicht hervortreten können.

Die Abweichung des jährlichen Ganges der Bewölkung an Cyklonen-Tagen vom normalen, zeigt, dass im allgemeinen eine übernormale Bewölkung am Haupttage die Regel ist, nur der August und September bei Tiflis macht eine Ausnahme; ausserdem ist die Bewölkung an den beiden küstennahen Stationen Christiania und Pawlowsk — Bodö kann als Inselstation aufgefasst werden — nicht wie sonst am Haupttage die grössere, sondern am Vortage. Die geringste Bewölkung endlich hat der Nachtag, zumal im Winter; eine sehr auffällige Ausnahme macht Bodö, wo der Nachtag an zweiter Stelle steht, und zwar aus den früher erörterten Gründen, hier ist sogar der Vortag im Herbste etwas unternormal.

Die Jahresamplitude der Bewölkung erreicht den grössten Wert an dem kontinentalen Budapest, den kleinsten an den maritimen Orten Bodö und Christiania und an dem küstennahen Pawlowsk.

Was die Bewölkungsverhältnisse an Anticyklonen-Tagen anbelangt, so zeichnen sich die hochsommerlichen und streng winterlichen Anticyklonen gerade durch eine grosse Heiterkeit des Himmels aus. Im Jahresmittel tritt der Haupttag durch Aufklaren am Abende hervor, und in der That hat der Abendtermin auch in den einzelnen Monaten meist eine geringere Bewölkung, als jeder der andern Termine oder doch bei niedrigem Mittagsmittel ein nur wenig, in der Praxis kaum merkbar höheres Mittel als letzteres. Eine erhebliche Ausnahme macht nur Pawlowsk, wo das Jahresmittel gar keinen Unterschied in den einzelnen Terminen zeigt, wenn auch die Monatstermine bedeutender schwanken, allerdings auch nur innerhalb zweier Stufen. Von den drei westlichen Stationen erreicht die mittlere, Christiania, die grösste Tagesschwankung im Winter, die kleinste im Sommer, während es bei Bodö und Budapest umgekehrt ist. Pawlowsk schliesst sich im grossen ganzen an Christiania an, wogegen Tiflis ein ganz abweichendes Verhalten zeigt, denn zwischen den zwei Monaten mit der grössten Amplitude liegen zwei mit kleiner und kleinster Schwankung.

Die Bewölkung ist an Anticyklonen-Tagen eine unternormale. Die grössten negativen Abweichungen finden wir bei Budapest,



Mittlere Richtungen des Zuges der oberen Wolken in Schweden,
nach den Beobachtungen an 13 Stationen.
Von H. Hildebrandsson.

Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

Jahrbuch X. 1899.
Tafel 6.

Christiania und Pawlowsk, ausserdem haben diese drei Orte an allen drei Tagen fast ausschliesslich eine unternormale Bewölkung, Bodö und Tiflis zeigen aber ein ganz anderes Verhalten. Bodö klart gleichfalls im Winter und Frühlinge unter anticyklonalem Einflusse so weit auf, dass eine bis zwei Stufen an der normalen Bewölkung fehlen; im Sommer und Herbste dagegen ist diese Abnahme sehr gering und zeitweise überhaupt nicht vorhanden. Tiflis endlich hat nur im Frühlinge an allen drei Tagen negative Abweichungen, desgleichen an den Nachtagen in allen Jahreszeiten, sonst aber ist eine etwas übernormale Bewölkung die Regel. Endlich geht noch hervor, dass die (im Hinblicke auf die normale) geringste Bewölkung der Frühling hat, denn an keinem der fünf Orte findet man an allen drei Tagen positive Abweichung, wogegen die Werte des Herbstes nach der positiven Seite hin verschoben erscheinen: man trifft hier mehrfach übernormale Bewölkung. Auch der Sommer und Winter zeigen erhebliche Gegensätze, namentlich Bodö und Christiania; ersterer Ort hat grosse negative Abweichungen im Winter und kleine negative und selbst positive im Sommer, bei Christiania ist es umgekehrt. Das kontinental gelegene Budapest weist das gleichmässigste Verhalten in allen Jahreszeiten auf, an allen drei Tagen hat es stets negative Abweichungen.

Während an dem Cyklonen-Haupttage die übernormale Bewölkung die Regel ist, ist es die unternormale am Anticyklonen-Haupttage, entgegen der Erwartung, nicht im gleichen Masse. Denn abgesehen von Budapest haben alle andern Orte bisweilen — Tiflis fast ausschliesslich — sogar eine übernormale Bewölkung: Bodö in der warmen Jahreszeit, Pawlowsk im Herbste und Christiania im Winter.

Die Vergleichung der Cyklonen- und Anticyklonen-Tage zu einander ergiebt, dass die grössere Trübung die Regel ist, und zwar vor allem am Haupttage. Die Nebentage verhalten sich aber sehr verschieden, am regelmässigsten noch in Budapest, wo die Differenz stets kleiner ist als am Haupttage, mit alleiniger Ausnahme des Februar, der die grösste Differenz am Vortage hat, und hierin schliesst sich Tiflis an. Sonst aber ist der Unterschied zwischen Haupt- und Nebentagen ein sehr ungleichmässiger. Eine gewisse Ähnlichkeit zeigen Christiania und Pawlowsk insofern, als bei beiden in der wärmern Jahreshälfte die grösste Differenz am Haupttage und die nächstgrosse am Vortage vorherrscht, während es in der übrigen Zeit umgekehrt ist; stets aber hat der Nachtag mit alleiniger Ausnahme bei Pawlowsk im Mai die kleinste Differenz, ja sie verschwindet sogar und kehrt sich bei Christiania in das Gegenteil um, d. h. die Anticyklone ist dann trüber als die Cyklone. Der Grund dürfte wohl darin liegen, dass für diesen Ort der Nachtag einer Cyklone kalte, wasserdampfarme Landwinde, der einer Anticyklone feuchtwarme Seewinde bringt. Bodö und Tiflis haben gemäss ihrer besondern Lage auch einen besondern Verlauf der Differenzen; abgesehen vom Frühlinge überwiegt in Tiflis die Bewölkung bei Anti-

cyklonen, und auch in Bodö ist sie meist bei diesen nicht wesentlich kleiner als bei Cyklonen.

Bildet man zum Vergleiche einer maritimen und einer kontinentalen Station die Differenz Bodö minus Budapest, und zwar getrennt für Cyklonen und Anticyklonen, so ergiebt sich, dass die maritimen Cyklonen fast nur im Sommer eine grössere Bewölkung haben als die kontinentalen, sonst aber haben die letztern eine gleiche oder grössere als jene; der Nachtag ist in Bodö trüber als in Budapest. Bei den Anticyklonen macht nur der Februar insofern eine Ausnahme, als er in Budapest etwas trüber ist als in Bodö, sonst aber hat die norwegische Küste hier eine bis zu $5^1/_2$ Stufen grössere Bewölkung als das mittlere Ungarn.

Fragt man nun zum Schluss, welchen Einfluss die Cyklonen und Anticyklonen auf die normale Bewölkung haben, so muss man sich natürlich des hier zu Grunde liegenden Materiales erinnern, d. h. dass es sich um die Bewölkung an extremen Störungstagen handelt; sie kann sich naturgemäss nicht in eben solchem Masse geltend machen, als wenn wir jeden Tag, an welchem der betreffende Ort einem Hoch- oder Tiefdruckgebiete angehört benutzt hätten und nicht nur die Monatsextreme. Immerhin kann man doch aber die hier sogenannten Cyklonen- und Anticyklonen-Tage als bis zu einem gewissen Grade typisch auch für jene Tage (im allgemeinern Sinne) betrachten.

Im allgemeinen liegt die Kurve der normalen Bewölkung in der Mitte der andern und stimmt meist mit der cyklonalen besser als mit der anticyklonalen überein, d. h. die Bewölkung wird im wesentlichen durch die Cyklonen beeinflusst.

Bewölkung und Sonnenscheindauer. Über den Zusammenhang zwischen Bewölkung und Sonnenscheindauer hat J. Figurowskij auf Grund der Beobachtungen an 23 russischen Stationen eine Untersuchung angestellt. A. Schoenrock giebt[1]) einen Auszug aus dem russischen Original, von dem Folgendes der Hauptinhalt ist:

Der Einfluss der Bewölkung auf die Sonnenscheindauer (gemeint ist immer die relative Dauer) hängt von der Sonnenhöhe und von der Intensität der Sonnenstrahlung ab; je grösser die Sonnenhöhe und je intensiver die Sonnenstrahlung, um so geringer ist der Einfluss der Bewölkung auf die Dauer des Sonnenscheines. Bei niedrigen Bewölkungsstufen hat den grössten Einfluss die Intensität der Sonnenstrahlung, während der Einfluss der Sonnenhöhe nur wenig in Betracht kommt; umgekehrt, bei höhern Bewölkungsstufen macht sich die Abhängigkeit von der Sonnenhöhe besonders stark geltend, und spielt die Intensität der Sonnenstrahlung keine Rolle mehr. Bei mittlern Bewölkungsgraden üben beide Faktoren ihren Einfluss auf die Wirkung der Bewölkung auf die Sonnenscheindauer und in

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 141.

gleichem Sinne. Infolge dessen verändert sich z. B. in Pawlowsk bei mittlerer Bewölkung die relative Sonnenscheindauer vom Frühlinge zum Sommer fast gar nicht, da die Sonnenhöhe und die Intensität der Strahlung sich dabei im entgegengesetzten Sinne ändern.

Der tägliche und jährliche Gang der Sonnenscheindauer steht hauptsächlich unter dem Einflusse der mittlern Zustände der Bewölkung; der tägliche und jährliche Gang der Bewölkung übt nur dann einen merklichen Einfluss auf die Dauer des Sonnenscheines, wenn schroffe Übergänge von einer Stunde zur andern oder von einem Monate zum nächsten vorhanden sind. Die Amplitude des jährlichen Ganges der Sonnenscheindauer wird durch die mittlern Zustände der Bewölkung in den Monaten, auf die das Maximum und das Minimum fallen, bestimmt.

Überhaupt erweist es sich, dass die Abhängigkeit der Sonnenscheindauer von der Bewölkung von vielen Faktoren dermassen beeinflusst wird, dass es z. B. unmöglich ist, nach den Aufzeichnungen der Heliographen mit Sicherheit über die Bewölkung zu urteilen. Besonders interessant sind in dieser Hinsicht die Zusammenstellungen, die der Autor in einer Beilage für heitere und trübe Tage mit der Sonnenscheindauer giebt. Da eine gegebene Sonnenscheindauer nicht immer einer und derselben mittlern Bewölkung entspricht, während letztere für die heitern und trüben Tage überall und das runde Jahr immer gleichmässig angenommen wird, so variiert das Verhältnis der heitern und trüben Tage zu sehr sonnigen, resp. wenig sonnigen Tagen im Laufe des Jahres mehr oder weniger stark, je nach der geographischen Lage des Ortes. Tage mit relativer Sonnenscheindauer von 70—100 % kann man als sehr sonnig ansehen, und die Zahl derselben entspricht am besten, wenigstens in Pawlowsk und Tiflis, der Zahl der heitern Tage. Es erweist sich nun, dass in Pawlowsk auf 100 sonnige Tage im Herbste 101, im Sommer aber nur 55 heitere Tage kommen; in Tiflis entfallen auf 100 sonnige Tage im Herbste 51, im Frühjahre 62 heitere Tage. Diese Abweichung erklärt sich dadurch, dass eine Sonnenscheindauer von 70—100 % nicht nur an heitern Tagen, sondern auch an solchen mit höherer Bewölkung vorkommt. Überhaupt giebt die Zahl der heitern Tage, besonders während der Vegetationsperiode von März bis August, uns keinen Begriff von der Zahl der sonnigen Tage; letztere zeigen eine bessere Übereinstimmung mit Tagen, an denen die Summe der Bewölkung für die drei Termine 0—8 beträgt. Eine etwas bessere Übereinstimmung zeigen trübe Tage mit sonnenscheinarmen Tagen (relative Sonnenscheindauer 0—19 %). Aber auch hier giebt nur die jährliche Summe der erstern einen annähernden Begriff von Tagen mit nur wenig Sonnenschein.

Einfluss des Mondes auf die Bewölkung. Dr. Fines las in der Sitzung der französischen meteorologischen Gesellschaft vom 23. April 1897 eine Abhandlung von Coeurdevache über den Einfluss des Mondes auf die Heiterkeit des Himmels.

Nach einer Übersicht über die Ansichten, welche über diesen Gegenstand von verschiedenen Autoren geäussert worden sind, teilt der Verf. die Ergebnisse seiner Berechnungen mit, welche auf die Beobachtungen zu Parc Saint-Maur von 1884—1894 gegründet sind.

Einfluss des Mondes auf den täglichen Gang der Bewölkung.

Abweichungen der Bewölkung vom Tagesmittel.

Stunde	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel	Mittel
1a	—0 7	—1.1	—0.6	—0.3	—0.7
4	—0.4	—0.1	0 0	—0.2	—0.2
5	—0.2	—0.2	0.0	—0 1	—0.1
6	0.0	—0.3	—0.1	—0.2	—0.1
7	0.1	—0.1	0.0	0.2	0.1
8	0.3	0 0	0.1	0.4	0.2
9	0.0	0.2	0.2	0 5	0.2
10	0.2	0.6	0.6	0 4	0.5
11	0.3	0.6	0.7	0.5	0.4
Mittag	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7
1p	0.9	0.5	0.8	1.0	0.8
2	1.1	0.6	0.4	0.8	0.7
3p	1.0	0.5	0.2	0.5	0.6
4	0.3	0.7	0.3	0.4	0.4
5	—0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
7	—0 1	—0.2	—0.4	—0.3	—0.2
8	—0.4	—0.5	—0.5	—0.7	—0.5
9	—0.5	—0.6	—0.9	—0.6	—0.6
10	—0.6	—0 8	—1.0	—0.8	—0.8
11	—0.6	—0.7	—0.9	—1.0	—0 8
Mittn.	—0.7	—0 6	—0.8	—0.7	—0.7
Mittel	5.9	6.3	5.8	6.0	6.0

Der tägliche Gang der Bewölkung ist der gleiche bei allen Mondvierteln, dieselben zeigen keinen Einfluss auf denselben. Auch die mittlere Bewölkung ist bei Neumond und Vollmond die gleiche. Die Meinung, dass der Mond einen merklichen Einfluss auf die Zerstreuung der Wolken habe, ist deshalb irrig.

Im allgemeinen nimmt die Bewölkung abends ab, was auch immer das Alter des Mondes ist, da aber bei Vollmond diese Thatsache viel mehr in die Augen fällt, hat man sie deshalb wesentlich dem Monde selbst zugeschrieben, und ist das Sprichwort entstanden: »La lune mange les nuages«[1]).

17. Luftfeuchtigkeit und Niederschläge.

Untersuchungen über die Periode und Veränderlichkeit der relativen Feuchtigkeit hat E. Mazelle angestellt[2]). Dieselben beruhen auf stündlichen Beobachtungen zu Pola 1886—1895. Die tägliche Periode der relativen Feuchtigkeit ergiebt natürlich einen dem Temperaturuntergang entgegengesetzten Verlauf mit einem

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1898. p. 431.
[2]) Wiener akademischer Anzeiger 1899 p. 49.

Maximum um etwa 5h vormittags und einem Minimum um ca. 1h nachmittags. Die Eintrittszeiten für das Maximum schwanken in den einzelnen Monaten um einen grössern Betrag als die der Minima, und zeigen erstere in Bezug auf den Sonnenaufgang während der Wintermonate eine starke Verfrühung, bis gegen $3^1/_2$ Stunden, während in den Sommermonaten das Maximum kurz nach Sonnenaufgang fällt. Die grösste Amplitude wird im Juli mit 23%, die kleinste im Dezember mit 5% erreicht. Die aperiodische Amplitude überwiegt die periodische am meisten im Dezember, wo sie etwa 4 mal so gross ist, am wenigsten im Juli, wo sie 1.6 mal so gross ist.

Es wurde ferner in Bezug auf die Bewölkung eine Trennung vorgenommen, indem der tägliche Gang an heitern und an trüben Tagen bestimmt wurde. Es lässt sich hier hervorheben, dass Tage mit heiterem Wetter mit einem grössern Feuchtigkeitsüberschusse schliessen, als die beim trüben Wetter, und zwar zeigen die heitern Tage die kleinste, die trüben hingegen die grösste Zunahme in der warmen Jahreszeit. Das Minimum der Feuchtigkeit fällt an heitern Tagen früher als im allgemeinen Mittel, in der Jahreskurve um 0.6 Stunden, während das Maximum um 0.1 Stunde später eintrifft. An trüben Tagen verspätet sich sowohl das Maximum als das Minimum.

Die Amplitude ist an heitern Tagen stets grösser als im Durchschnitte aller Tage, diese wieder grösser als an trüben. Im Winter ist die Amplitude an heitern Tagen 1.7 mal grösser als an allen Tagen, im Sommer 1.1 mal; in Bezug auf die trüben Tage ist die Amplitude der heitern Tage im Winter etwa 9 mal, im Sommer 3 mal so gross. Die aperiodische Schwankung übertrifft die periodische am meisten im Winter, sowohl an heitern, wie an trüben Tagen; doch zeigt sich dies an trüben Tagen am stärksten ausgeprägt. Die Unterschiede der Feuchtigkeit zu den einzelnen Stunden im allgemeinen Mittel im Vergleiche zu denen an heitern und trüben Tagen erscheinen am grössten um Mittag. Die Ordinaten der Feuchtigkeitsminima der einzelnen Typen differieren um grössere Beträge als die der Maxima.

Zur Bestimmung der Veränderlichkeit wurden die Beobachtungen jeder vierten Stunde der vier Monate Januar, April, Juli und Oktober herangezogen. Es ergab sich daraus, dass die relative Feuchtigkeit die grösste Veränderlichkeit um die Mittagszeit aufweist, dass sich das Eintreffen des Maximums vom Winter auf den Sommer hin verfrüht, und zwar von den ersten Nachmittagsstunden auf die letzten Vormittagsstunden, während die kleinste Veränderlichkeit in den Abend- und Nachtstunden stattfindet. Die tägliche Amplitude ist im Sommer am grössten, im Winter am kleinsten. Die mittlere Veränderlichkeit beträgt 10.32.

Es wurde sodann die Veränderlichkeit nach ihrem Vorzeichen getrennt, ihre Häufigkeit und die mittlere und absolute maximale Zu- und Abnahme bestimmt. Die mittlere Abnahme resultiert im

Durchschnitte etwas grösser als die Zunahme, 11.08 gegen 10.83. Die absolut grösste Veränderlichkeit der Feuchtigkeit von einem Tage zum andern wurde mit + 58 und — 63 bestimmt.

Aus der Berechnung der mittlern Dauer einer Feuchtigkeitszunahme und -abnahme wurde die Länge der Feuchtigkeitswellen mit etwas mehr als drei Tagen bestimmt. Diese Wellenlängen zeigen eine doppelte tägliche Periode mit den Maxima um 10^h morgens und abends und den Minima zwischen 2 und 6^h vor- und nachmittags. Nur im Oktober ist diese Periode nicht ersichtlich, das Maximum wird nachmittags, das Minimum vormittags erreicht. Durchschnittlich überwiegt die Dauer der Zunahme die der Abnahme. Im Mittel fallen 9.35 Wellen per Monat, am meisten im Sommer, entsprechend der kleinern Wellenlänge dieser Jahreszeit. Die grösste mittlere Dauer einer Veränderlichkeit desselben Zeichens beträgt etwa drei Tage, die absolut längste Dauer einer kontinuierlichen Zunahme wurde mit sechs Tagen bestimmt, die der Abnahme mit fünf Tagen.

Die Regenverhältnisse Schlesiens hat G. Hellmann in einer Regenkarte[1]) geographisch dargestellt. Diese Karte beruht auf Beobachtungen von 1888—1897 an 294 Stationen. Als mittlere jährliche Regenhöhe für Schlesien findet sich 680 *mm*. In den trockensten Gegenden im Thale der untern Oder sinkt das Mittel auf 520 *mm*, der grösste Teil der schlesischen Ebene hat 600 bis 700 *mm*, der Rand des Berglandes 700—800 *mm*, das Gebirge selbst über 800 *mm* bis zum Maximum von 1416 *mm* beim Forsthaus Gross-Iser in 885 *m* Seehöhe. Das Maximum des Niederschlages fällt meist auf den Juli, das Minimum in die Monate Januar und Februar.

Die Niederschlagsverhältnisse in Ungarn sind von O. Raum auf Grund 25jähriger Messungen (1871—1895) an 184 Stationen in einer Isohyetenkarte dieses Landes dargestellt worden. Von diesen in ungarischer Sprache erschienenen Arbeit giebt S. Róna folgenden Bericht[2]). »Schon ein flüchtiger Blick zeigt, dass sich im ganzen die Isohyeten der Konfiguration des Bodens anschmiegen. In der Mitte des Landes, wo sich eine gleichmässige Niederung ausdehnt, ist relativ der geringste Niederschlag; von da ausgehend, nimmt der Niederschlag gegen die Grenzgebirge der Karpathen und Alpen mit der Hebung des Terrains allmählich zu.

Die Isohyeten sind nach Raum von 500 — 1000 *mm* in Intervallen von 100 *mm* gezogen, von 1000—1600 *mm* begrenzen sie Intervalle von je 200 *mm*; die zwei regenreichsten Zonen erstrecken sich von 1600—2000, resp. von 2000—2500 *mm*.

---

[1]) Berlin 1899. Verlag von D. Reimer.
[2]) Meteorolog. Zeitschr. 1898. p. 471.

Die räumliche Verteilung der Niederschläge in Ungarn ergiebt, kurz gefasst, folgendes Bild: 1. Die grosse ungarische Tiefebene »Alföld«, die kleine Tiefebene (untere Gebiete der Waag und Neutra), sowie die angrenzenden Komitate am rechtsseitigen Donauufer bilden in der beträchtlichen Ausdehnung von ungefähr 65.000 *qkm* die erste Zone mit einem Regenquantum von 500—600 *mm*. Aus derselben erhebt sich nur die Gegend der Piliser-Gebirge (bei Budapest) wie eine Insel mit einer Regenmenge über 600 *mm*. Regenarme Gebiete (500—600 *mm*) finden sich noch in Siebenbürgen bei Csiksomlyó, im Schatten des Hargittagebirges und bei Torda-Gyula-fehérvár im Maros-Thale. — 2. Die zweite Zone (600—700 *mm*) bildet in der Angrenzung an die erste einen zusammenhängenden Gürtel, in welchem die Niederungen bereits in ein aufsteigendes Hügelland übergehen. Auch die ganze Hochebene von Siebenbürgen gehört in die Zone von 600—700 *mm*. — 3. Die folgenden Isobyeten umschliessen keine zusammenhängenden grossen Flächen mehr, sondern reihen sich als Bänder von geringerer Breite nebeneinander, vorwiegend dem Laufe der Höhenschichten folgend, oder bilden komplizierte Gestaltungen, den verwickelten orographischen Verhältnissen entsprechend. Ein Regenmaximum ist an der adriatischen Küste wahrnehmbar, wo Fužine die grösste Jahressumme aufweist mit 2400 *mm*; ein anderes Maximum im nordöstlichen Grenzgebirge, den sogenannten bewaldeten Mármaroser Karpathen, welches bei Kvaszovecz mit 1521 *mm* kulminiert. Kleinere Regenmaxima sind im nördlichen Hochlande, in der Gegend des Sohler-Erzgebirges (Uj-Huta), im Biharer Erzgebirge bei Manyásza, im Mecsek-Gebirge bei Fünfkirchen, in Siebenbürgen bei Görgény-Szt.-Imre, nördlich von Siebenbürgen bei Naszód und N.-Bánya.

Im allgemeinen lässt sich der Satz aufstellen, dass in Ungarn mit einem Anwachsen der Regensummen der Flächeninhalt des Gebietes abnimmt, auf welches sie sich erstrecken.

Die Niederschlagsmengen der kroatisch-slavonischen Stationen sind der in Agram 1893 erschienenen Abhandlung: »Oborine u Kraljevinah Hrvatskoj i Slavonji« entnommen.

Die Jahressummen der regenarmen Gegend der mittlern Theissgegend (Kecskemét-Szarvas-Orosháza) sind von zehn Jahren (1885 bis 1895) zusammengestellt. Obwohl sich aus den Jahresmitteln die diesem Gebiete anhaftende Trockenheit nicht ergiebt, so bemerkt man doch, dass sie vielmehr in der exzessiven Abweichung einzelner Jahre begründet ist. Schon bei Szegedin schwankt die Jahressumme zwischen 370 und 700 *mm*. Der Regenmangel des Alfölds kann sich daher nur auf einzelne Jahre beziehen, jedoch giebt es einige Umstände, welche die hier herrschende Dürre allgemein begründen. Verf. meint, dass nicht das geringe Regenquantum entscheidend ist, sondern vielmehr der Umstand, dass der meiste Regen zu Beginn des Sommers fällt (Regenmaximum im Juni), während in den folgenden Monaten, Juli bis September, oft mehrere Pentaden keinen Regen

aufweisen. Hierzu kommt die hohe Temperatur des Alfölds und dessen Bodenbeschaffenheit, welche die Abgabe des Wassers wesentlich beschleunigen.

Die beobachteten grössten, 24stündigen Regenmengen von 1871 bis 1895 enthält eine besondere Zusammenstellung. Aus derselben ist ersichtlich, dass in Ungarn grosse Niederschläge nur äusserst selten vorkommen. Am häufigsten sind sie im Küstengebiete (in Fiume betrug der Regen am 30. September und 10. Oktober 1892 469 *mm*), im Bereiche des Marmaroser Regenmaximums kommen ausserordentliche Regenmengen pro Tag überhaupt nicht vor.

Über die zeitliche Verteilung des Regens auf die einzelnen Monate lassen sich drei Typen aufstellen: 1. Den ersten Typus, dem auch der grösste Teil des Landes angehört, charakterisiert der frühe Sommerregen (schon bei Hann), der im Mai beginnt und im Juni mit Gewitterregen sein Maximum erreicht. Ein sekundäres Maximum fällt auf Oktober, das Minimum auf Februar. Auf Monat Juni entfällt 12—15% der Jahressumme, auf Februar 5—6%.

2. Den zweiten Typus charakterisiert ein überaus entwickeltes Juni-Maximum (17—19% der Jahressumme), der vollständige Mangel des Oktobermaximums und ein Minimum im Januar (3—4%). Auf Mai, Juni und Juli entfällt 45—50% des Gesamtregens. Hierher gehört Siebenbürgen.

3. Den dritten Typus charakterisiert ein Minimum im Juli und ein Maximum im Oktober. Derselbe zeigt sich in dem Küstengebiete der Adria (Fiume), ist noch in der Gegend der Drau und Sau (Agram, Csáktornya—Pécs—Keszthely) kenntlich, schwächt sich aber allmählich ab und geht in den ersten Typus über.«

Die Verteilung des Regens in den Vereinigten Staaten ist von Alfred J. Henry untersucht und kartographisch dargestellt worden[1]). Die Darstellung gründet sich auf alle zugänglichen Beobachtungen zwischen 1870—1896, doch liegen für ein Drittel des Gebietes nur kürzere als 20jährige Beobachtungen vor. G. Lachmann giebt[2]) eine eingehende Analyse dieser Arbeit, aus der folgendes bezüglich der allgemeinen Verteilung der Niederschläge hervorgehoben ist:

Die grössten Niederschlagsmengen in den Vereinigten Staaten hat die Nordwestküste aufzuweisen, und zwar fallen hier in einem schmalen Streifen, der sich von Kap Flattery im N bis zur mittlern Küste von Oregon im S und landeinwärts bis zu der längs der Küste sich hinziehenden Gebirgskette (Coast Range) erstreckt, im jährlichen Durchschnitte Mengen von 2000 bis über 2500 *mm*. Der höchste Betrag ist in dem gegenüber der Insel Vancouver an der

[1]) A. J. Henry, Rainfall of the United States with annual, seasonal and other charts. (U. S. Department of Agriculture, Weather Bureau, Bulletin D.) Washington.

[2]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 233.

Fucastrasse gelegenen Neah Bay mit 2800 *mm* im Mittel festgestellt worden, während die absolut grösste bislang hier gemessene Jahresmenge 3455 *mm* beträgt. — Nach O und S hin erfolgt ein starker Rückgang der Regenmengen bis zu den tiefer gelegenen Gebieten und Thälern, welche zwischen der Coast Range im W und der Sierra Nevada und dem Cascadengebirge im O sich erstrecken. Ganz besonders auffällig und noch nicht aufgeklärt ist die rapide Abnahme der Niederschläge an der Südküste der Fucastrasse in der Richtung von W nach O, wo auf eine Entfernung von etwa 140 *km* die jährliche Niederschlagshöhe von 2800 *mm* in Neah Bay bis auf 560 *mm* in Fort Townsend heruntergeht. Ferner zeigen auch die Thäler des Sacramento und Joaquin mit einem Durchschnittswerte von 500, bezw. 250 *mm* eine teilweise sehr erhebliche Abnahme gegen die umliegenden höher gelegenen Gebiete. Es mag hier eingeschaltet sein, dass Verf. die überraschende Behauptung aufstellt, dass die Regenwinde an der pazifischen Küste im allgemeinen aus südlicher bis östlicher Richtung wehen, also Landwinde sind, während die westlichen, das sind von der See her kommende Winde, trockene Winde sind. — Nach einem abermaligen schnellen Ansteigen der Niederschläge bis zu den höchsten Erhebungen der Sierra Nevada und des Cascadengebirges erfolgt mit dem Abfalle dieser Gebirgszüge nach O wiederum eine beträchtliche Abnahme bis zu den drei grossen Hochplateaus, die im O von den Rocky Mountains begrenzt werden. Hier schwankt, wenn man von einigen kleinern Gebieten absieht, der Durchschnittswert zwischen 125 und 375 *mm*, und zwar hat der nördliche Teil dieser Plateauregion die grössern Niederschläge (vereinzelt sind hier Mengen bis zu 500 *mm* zu verzeichnen), während im südlichen die kleinsten in den Vereinigten Staaten überhaupt vorkommenden Mengen auftreten. Nevada, der westliche Teil von Utah, Südost-Californien, Südwest-Arizona, ferner das Colorado-Plateau und der ganze Oberlauf des Colorado haben mittlere Regenhöhen unter 250 *mm*. Die regenärmsten Gebiete sind die im SW vom grossen Salzsee gelegene Wüstengegend in Utah, wo in Terrace der Durchschnittswert des Niederschlages 110 *mm* beträgt, sowie vor allem die californische und die Gila-Wüste, die auch durch ihre excessiv hohen Temperaturen bekannt sind; im Jahresmittel fällt hier nur noch ein Niederschlag von 70 *mm*, und als absolut kleinste Jahresmenge ist in Indio (Cal.) bisher der Betrag von $2^1/_2$ *mm* beobachtet worden. Die westliche Abdachung der Rocky Mountains weist bemerkenswerter Weise nur eine sehr geringe Zunahme an Niederschlägen auf; eine Ausnahme hiervon bildet nur das mittlere und nördliche Idaho, wo die Regenhöhe bis auf 750 *mm* ansteigt. Über die Regenverhältnisse dieses Kettengebirges ist aus Mangel an Beobachtungsstationen noch wenig bekannt, man wird jedoch nicht fehlgehen, wenn man für dasselbe eine erhebliche Zunahme an Niederschlägen annimmt; der im mittlern Teile und in der östlichsten Kette gelegene Gipfel des Pikes Peak (4308 *m*) hat eine Durch-

schnittsmenge von 750 *mm*, und zwei andere Stationen im westlichen Colorado in etwa 3500 *m* Seehöhe ergeben Mengen von 800—880 *mm*.

Im Gebiete der grossen Ebenen, die sich ostwärts der Rocky Mountains erstrecken, stellt sich der jährliche Niederschlag auf 250—500 *mm*, und zwar nimmt derselbe vom Fusse dieses Gebirgssystemes, wo er zwischen 300—400 *mm* betragen dürfte, zunächst ab, um dann weiter ostwärts allmählich bis auf 500 *mm* anzusteigen. Dieser Wert wird im grössern Teile des Gebietes unter 100° westl. L. erreicht, nur von 43° nördl. Br. an verläuft die Isohyete von 500 *mm* nicht mehr in nördlicher Richtung wie mit geringen Abweichungen vorher, sondern sie biegt von da an entschieden nach NO um. Weiter nach O hin wachsen nun die Niederschläge stetig an, und zwar im nördlichen Teile des Gebietes in einem sehr viel geringern Masse als im südlichen, wo mit Ausnahme des NW die grössten Niederschlagsmengen überhaupt vorkommen. Dieses verschiedene Anwachsen ist am besten dadurch charakterisiert, dass von St. Paul am obern Mississippi bis East-Port an der äussersten Nordostküste die Regenmengen um 300 *mm*, auf der fast ebenso langen Strecke von St. Paul bis New Orleans hingegen um mehr als 800 *mm* zunehmen.

Zunächst folgt ein nicht zu breiter Streifen mit einem Durchschnittswerte von 500—750 *mm*, der von der westlichen Golfküste aus erst in nördlicher, dann, allmählich breiter werdend, in nordöstlicher Richtung verläuft und schliesslich den Obern See mit Ausnahme von dessen Südufer umfasst. — Regenmengen zwischen 750—1000 *mm* fallen in einem umfangreichen Gebiete zwischen der kanadischen Grenze und 40° nördl. Br. und — mit Ausschluss eines Streifens an der atlantischen Küste — westwärts bis zu 92° westl. L. mit einem Ausläufer, der sich zunächst in südwestlicher, dann südlicher Richtung bei abnehmender Breite bis zum Golfe herunterzieht. Das Seengebiet hat einen jährlichen Niederschlag von 750—900 *mm*, wobei sich gezeigt hat, dass die Ost- und Südküsten der Seen etwas regenreicher sind als die Nord- und Westküsten. — Der nördliche Teil der atlantischen Küste bis 37° nördl. Br., das breite Ohiothal und daran anschliessend ein schmaler Streifen, der sich halbkreisförmig bis zum Golf von Mexiko (Galveston) hinzieht, sowie ferner eine breite Zunge, die sich zwischen dem regenreichern südatlantischem Küstengebiete und den Alleghanies mit einer Ausbuchtung nach W hin erstreckt, ergeben ein Jahresmittel von 1000 bis 1250 *mm*. — In dem eben erwähnten Striche an der südatlantischen Küste, in fast ganz Florida, in einem breiten Streifen am Unterlaufe des Mississippi bis über 35° nördl. Br. hinaus, sowie in einem nördlich und südlich dieses Breitengrades bis nach dem westlichen Carolina sich ausdehnenden Gürtel, der nach NO in eine, den grössten Teil der Alleghanies umfassende Zunge ausläuft, kommen Mengen von 1250—1500 *mm* vor. — Noch reichlichere Niederschläge — mehr als 1525 *mm* — fallen an den Südostabhängen

der Alleghanies in Nordcarolina, am Kap Hatteras (1680 *mm*), in einem schmalen Streifen an der Südostküste von Florida, sowie längs der Golfküste an der Mississippi-Mündung und ostwärts davon bis über Mobile hinaus; in dem südöstlich von letzterem Orte gelegenen Fort Barrancas beläuft sich die mittlere Jahresmenge auf 1790 *mm*, welcher Betrag das Maximum des Niederschlages im ganzen Osten der Vereinigten Staaten darstellen dürfte. — Bemerkt sei noch, dass im Gegensatze zu den Alleghanies das Gebirgssystem der Neu-England-Staaten nur einen geringen Einfluss auf die Menge des Niederschlages ausübt. Für den Gipfel des Mt. Washington (1917 *m*) ergiebt sich ein Jahresmittel von 2120 *mm*, während allein in den vier Monaten Juni bis September schon 1010 *mm* Regen fallen, d. h. 48 % der Jahresmenge; für die nächste Basisstation Lunenburg, Vt. (259 *m*) stellen sich diese Werte auf 1005 *mm* im Jahre und 370 *mm* (37 %) im Juni bis September.

Bezüglich aussergewöhnlich starker Niederschläge ist zu erwähnen, dass die weitaus stärksten Regenfälle in kurzer Zeit in den Gebirgs- und Wüstengegenden des Westens (zwischen den Sierras und den Rocky Mountains) vorkommen. Leider ist es bisher nicht gelungen, den Gesamtniederschlag solcher Wolkenbrüche genau festzustellen, sei es, dass in dem eigentlichen Maximalgebiete keine Beobachtungsstation vorhanden war, oder das Instrument im weitern Verlaufe des Unwetters von den Wassermassen hinweggeführt wurde. Doch geben die Werte von 224 und sogar von 292 *mm*, die in einer Stunde in Palmetto, Nev., August 1890, bezw. in Campo, Cal., August 1891, ermittelt worden sind, einen Anhalt, welche gewaltige Mengen in verhältnismässig kurzer Zeit bei diesen Wolkenbrüchen niedergehen. Die überwiegende Mehrzahl der starken Regenfälle, von allerdings geringerer Intensität als die eben besprochenen, treten östlich des 105° W. auf, und zwar am zahlreichsten an der Golf- und südatlantischen Küste meist in Begleitung von Gewittern oder gelegentlich auch im Gefolge von westindischen Hurricanes.

Ungeheure Regenmengen am Fusse des Kamerun-Pik[1]. Dieselben werden nur von dem Regenfalle in den Khassia-Bergen in Indien übertroffen. Zu Debundja (4° 8′ nördl. Br., 9° 0′ östl L.) betrug der mittlere Regenfall 1895—1897 in Millimetern:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
258	283	356	399	830	1524	1308	1018*	1562	1058	593	217*	9406

In Bibundi betrug die Regenhöhe 1897 nicht weniger als 10485.5 *mm*. Der Ort liegt 1 *km* vom Meere auf einer etwa 4 *m* den Meeresspiegel überragenden Ebene, von wo aus ostwärts das Terrain terrassenförmig zum grossen Kamerunberge ansteigt.

[1]) Mitt. aus den Deutschen Schutzgebieten 11, Heft 3.

Wolkenbruchartige Regen in der Sahara. Es ist eine bekannte Thatsache, dass in einzelnen Teilen der Sahara gelegentlich sehr ergiebige Regenfälle stattfinden. Der beträchtlichste, von dem man weiss, ereignete sich am 12. April 1899 in Wadi Urirlu. Dasselbe, zwischen Berrian und Ghardaya gelegen und zum Systeme des Wadi Mia gehörig, ist völlig flach, so flach, dass die Ausräumungsmassen aus dem vor einiger Zeit hier gegrabenen Brunnen die einzige Erhebung bilden. Nach dem Berichte des Generals Pédoya, des Kommandanten der Algier-Division[1]), war eine Militärabteilung von 90 Mann am 12. April hier angekommen, um zu übernachten. Das Wetter war prachtvoll, nur fiel gegen $5^1/_2$ Uhr nachmittags ein feiner Regen, der aber nur einige Augenblicke dauerte. Um $8^1/_2$ Uhr, als man sich schon zur Ruhe begeben hatte, erscholl plötzlich der Ruf: »Zu den Waffen, das Wasser kommt!« Binnen wenigen Sekunden war eine Fläche von 800 *m* im Durchmesser mannshoch unter Wasser gesetzt; es muss also im Quellgebiete des Wadi ein furchtbarer, aber örtlich beschränkter Wolkenbruch niedergegangen sein. Die Mannschaft hatte kaum Zeit, sich auf den Schutthügel zu retten; sechs ertranken, und ihre Leichname wurden am andern Morgen mehrere Kilometer unterhalb des Lagers gefunden.

Auf die Vegetation der Wüste haben nur gewaltige Entladungen Einfluss. Im Fort Mac-Mahon beobachtete man vom 1. April 1895 bis Ende März 1896 zweimal Regengüsse, jedesmal in der Dauer von ungefähr $^3/_4$ Stunden, aber der Pflanzenwuchs wurde dadurch kaum merklich gefördert. Dieselben Erfahrungen machte auch die Expedition Foureau-Lamy im östlichen Tuareg-Land: überall Mangel an Futter trotz gelegentlichen Regens; erst in Tadent (23° Br.), wo sie Mitte Januar d. J. ankam, zeigten das Grün der Vegetation und die Spuren frischer Wasserläufe, die Akazienstämme angeschwemmt hatten, dass heftige Niederschläge vorangegangen waren[2]).

Grösste Regenmengen innerhalb 24 Stunden[3]). Symons hat die praktisch wichtige Frage: Welchen Prozentsatz des jährlichen Regenfalles kann man an dem regenreichsten Tage jedes Jahres erwarten? zu beantworten gesucht[4]). Er ersuchte seine Korrespondenten mit langjährigen Regenaufzeichnungen um Angabe der grössten täglichen Regenmenge in jedem Jahre, erhielt aber nur von zweien eine entsprechende Antwort. Auf Grund derselben und auf Grund seiner eigenen Regenmessungen zu Camden Square London und der Seathwaite Register des Regenfalles giebt Symons eine Tabelle, welcher wir im Auszuge die folgenden Daten entnehmen:

---

[1]) Bull. du Comité de l'Afrique Française, Juni 1899. p. 185.
[2]) Petermann's Mitt. 1899. p. 174.
[3]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 26.
[4]) British Rainfall 1895. p. 40.

Ort	Camden Square London	Acrise Kent	Pedmore Worcester	Seathwaite Cumberland
Häufigkeit der grössten Tagesmengen von (21 Jahre)				
< 1" = 25 *mm*	1	0	7	0
1—1½" = 25—28 *mm*	15	11	9	0
1½—2" = 28—51 *mm*	4	7	3	0
2—2½" = 51—64 *mm*	0	2	2	0
über 2½" = 64 *mm*	1	1	0	21
Mittlere grösste Tagesmenge *mm*	37.3	39.6	31.8	116.6
Mittlere Jahressumme *mm* . . .	635	940	737	3480
Häufigkeit gewisser Prozente der Jahresmenge				
2 %	0	0	1	4
3	1	5	6	11
4	3	11	7	4
5	6	2	3	2
6	7	2	2	0
7	3	1	1	0
8	0	0	1	0
über 8	1	0	0	0
Mittlerer Prozentsatz der grössten Tagessumme[1])	5.8	4.2	4.3	3.2

Es hat also London mit der kleinsten mittlern Jahressumme den grössten Prozentsatz in Bezug auf das Maximum der täglichen Regenmenge im Jahre, Seathwaite den kleinsten.

Im Jahre 1878 fielen zu Camden Square 83.3 *mm* an einem Tage, d. i. 13 % der Jahressumme (das Mittel wird aber, auch wenn man diesen exzeptionellen Fall vergleicht und dafür die 5 % vom Jahre 1895 einsetzt, wenig verändert, es wird 5.4 %), das würde für Seathwaite im gleichen Verhältnisse zur Jahresmenge einen grössten Regenfall pro Tag von 446 *mm* geben, was weit über das beobachtete Maximum hinausgeht. Die absoluten Maxima der andern drei Stationen waren 1875—1895 inkl.: Acrise 67.6 oder 7 %, Pedmore 61.7 oder 8 % und Seathwaite 172.4 oder 5 %.

Der Eisregenfall vom 20. Oktober 1898 über Mittel- und Ostdeutschland bildete den Gegenstand einer Untersuchung von Dr. Meinardus[2]).

»In den Morgen- und Vormittagsstunden des 20. Oktober fiel in Berlin bei schwacher östlicher Luftbewegung und einer konstanten Temperatur von 0.0° ein mässiger Niederschlag in Form von Regen, der bei der Berührung mit der Erdoberfläche zu Eis erstarrte und daher die obern Flächen aller Gegenstände im Freien mit einer glasklaren, gleichmässigen Eisschicht bedeckte. Jeder Baum und Strauch trug einen Eisbehang, unter dessen Last sich die Äste tief herabsenkten oder von ihren Stämmen abbrachen, wenn sie das mit der Dauer des Regenfalles zunehmende Eisgewicht nicht mehr zu tragen vermochten. Die Belastung war um so beträchtlicher, weil Bäume und Sträucher noch vollkommen belaubt waren. Dr. Süring nahm in Potsdam einige Messungen vor, welche von der Stärke der Eisbildung eine Vorstellung geben können. Ein Eichenzweig mit Blättern wog 54 *g* mit und 14.5 *g* ohne Eis, ein Weigelia-Zweig mit Blättern 65, bezw. 8.0 *g*, ein Grashalm trug an Eis das Achthundertfache seines Eigengewichtes.

[1]) 1875—1894.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 165 ff.

Die Eisschicht war nicht fest mit dem Gegenstande, den sie bedeckte, verbunden; man konnte sie ohne Schwierigkeit z. B. von den Blättern abnehmen. Auf der untern Seite eines solchen Eisblattes bemerkte man dann einen negativen Abdruck der Blattoberfläche bis in die zartesten Details; diese Eisfläche und das Blatt selbst waren vollkommen trocken. Schlug man in das Laubwerk eines Baumes, so fiel der Eisbehang von den getroffenen Stellen mit Klirren ab. Ausser flüssigen Regentropfen bestand der Niederschlag auch zeitweise aus Eiskörnern, erstarrten glasklaren Regentropfen.

Es unterlag keinem Zweifel, dass die beschriebene Art der Eisbildung nicht durch eine unter dem Gefrierpunkte liegende Temperatur der Gegenstände hervorgerufen sein konnte, denn 1. war keine Frostperiode vorausgegangen, welche den Körpern eine so niedrige Temperatur hätte geben können, 2. fehlte die feste Verbindung zwischen den Körpern und ihrer Eisdecke, und 3. bedeckten sich auch Kleidung und Schirm, sobald man ins Freie trat, während des Regens mit einer Eisschicht.

Die Ursache der fraglichen Erscheinung konnte also nur in dem Zustande der Regentropfen selbst liegen, und es bedarf keines weitern Nachweises, dass dieselben überkaltet waren.«

Die Untersuchung dieses seltenen Phänomens und der Ursachen seines Auftretens begann Meinardus mit der Feststellung seiner räumlichen Grenzen und seines zeitlichen Verlaufes.

Die Verbreitung des Eisregenfalles zur Zeit der Morgenbeobachtung am 20. Oktober 7^h vormittags wird auf einer beigegebenen Karte durch Schraffen bezeichnet, die indes nicht überall die natürlichen Grenzen der Erscheinung erkennen lassen, weil nur das dem Kgl. Preussischen Meteorologischen Institut unterstellte Beobachtungsnetz vom Verf. berücksichtigt werden konnte. Ferner ist zu bemerken, dass nicht nur diejenigen Stationen als dem Eisregengebiete zugehörig betrachtet wurden, die Glatteis, Eiskörner oder Eisregen, sondern auch die, welche Eisnadeln, Hagel, Graupeln oder Rauhfrost notierten. Denn bei dem Entwurfe der Karte wurde es klar, dass manche Beobachter, um ein symbolisches Zeichen für das Phänomen zu vermerken, in Ermangelung eines solchen für Eisregen und Eiskörner. ihre Zuflucht zu einem für die in zweiter Linie genannten Erscheinungen genommen hatten.

Die nördliche Grenze des Eisregengebietes verlief hiernach am Morgen des 20. Oktobers 7^h vormittags nahezu parallel und etwas binnenwärts der deutschen Ostseeküste von Tilsit bis über Schwerin hinaus. »Die Westgrenze zieht von dort südwärts bis zur Rhön. Wie weit sich der Eisregenfall nach S erstreckt, bleibt zweifelhaft; wahrscheinlich wird der Thüringer Wald im W und der nördliche Scheitel des Karpathenbogens im O die Lage der Südgrenze bezeichnen, da die Temperatur südlich davon erheblich über 0° lag. Der Mangel russischen Beobachtungsmaterials verbietet eine Bestimmung der Ostgrenze, die vermutlich noch jenseits von Warschau zu suchen wäre.

Die grösste Intensität scheint der Eisregen in der Umgebung der schlesischen Gebirge gehabt zu haben, wenigstens liegen aus diesen Teilen der Monarchie die zahlreichsten Meldungen über Waldschäden durch Eisbruch vor. In den nördlichern Gebietsteilen erfolgte der Niederschlag mehr in Form von Eiskörnern und Schnee, welche die Waldbestände nicht gefährden konnten. Im westlichen Teile Deutschlands herrschte am Morgen des 20. Oktober schwacher Nebel und stellenweise leichter Regenfall. Die 0°-Isotherme verlief um die gleiche Zeit, wie auf der Karte angegeben. Das von ihr nach O begrenzte Gebiet war, so weit es in das Kartenbild fällt, etwas kälter, das übrige etwas wärmer als 0°. Die Grenzen des Eisregengebietes erscheinen gegen das Kältegebiet um 100—200 *km* nach SW verschoben.

Die zeitliche Verteilung des Eisregenfalles wird kurz durch ein Fortschreiten der Erscheinung von S nach N charakterisiert. Schon am Nach-

mittage des 19. Oktobers begann die Eisbildung in Oberschlesien und den benachbarten Gebirgen, in der Nacht und am Morgen des 20. wurden auch die mittlern Provinzen davon betroffen, und von den Vormittagsstunden des 20. endlich liegen Berichte von Graupelfällen an der deutschen Ostseeküste vor. Es bleibt dahingestellt, ob auch hier unter Graupelfall das Auftreten von Eiskörnern zu verstehen ist.«

»Geht man davon aus, dass eine Kondensation des Wasserdampfes in der Luft zu flüssigen Wassertröpfchen bei einer Temperatur über 0° stattgefunden hat, so fragt es sich, auf welche Weise diese Tröpfchen unter 0° abgekühlt werden können, ohne zu gefrieren. 1. Wenn sie als Wolken oder Nebel in der Luft sich schwebend erhalten, so kann eine Überkaltung erfolgen, wenn dieselbe entweder durch Luftströmungen in eine niedriger temperierte Umgebung getragen werden oder auch an Ort und Stelle durch Ausstrahlung erkalten. In diesen Fällen geben sie in der That häufig auf Bergen und an ruhigen, kalten Wintertagen auch in der Ebene zu Rauhreiferscheinungen Veranlassung, indem die Berührung der überkalteten Tröpfchen mit festen Körpern bekanntlich deren Gefrieren zur Folge hat. 2. Wenn die Wassertröpfchen sich zu grössern Regentropfen zusammenballen — was nur der Fall sein kann, wenn sie noch nicht unterkaltet waren, denn sonst würden sie durch das Zusammentreffen zu Eiskörnern gefrieren — so kann, sobald der Regenfall begonnen hat, eine Überkaltung der Tropfen nur eintreten, wenn sie aus der obern, über 0° warmen Luftschicht, in der sie gebildet wurden, durch eine untere kältere Schicht hindurch fallen. Reicht diese Schicht bis zum Boden, so tritt hier Glatteisbildung ein. Ist die untere Schicht stark bewegt, so werden schon viele Regentropfen in der Luft beim Zusammentreffen mit andern gefrieren und als Eiskörner die Erdoberfläche erreichen. Günstiger für das Auftreten von Eisregen ist daher ruhige oder nur schwach bewegte Luft. Ein Gefrieren der überkalteten Regentropfen wird natürlich auch dann schon in der Luft stattfinden, wenn deren Temperatur unter dem Betrage liegt, bei welchem noch Überkaltung möglich ist.

Die Hauptbedingungen eines Eisregenfalles werden also sein 1. eine obere, über 0° temperierte, feuchte Luftschicht, in welcher Kondensation und Regenbildung stattfindet, 2. eine untere, zwischen 0° und höchstens — 20° C. temperierte, nicht zu stark bewegte Luftschicht. Für Eiskörnerfall fehlt die Einschränkung der untern Temperaturgrenze und der Bewegung in der untern Luftschicht. Gleichzeitiger Schneefall in irgend einer Schicht vermindert ebenso den Bestand überkalteter Regentropfen zu Gunsten der Eiskörner. Letztere werden deshalb auch viel öfter beobachtet als jene.«

Dr. Meinardus untersucht nun die Wetterlage am 20. Oktober und giebt eine Luftdruckkarte mit zwei Isobarsystemen. »Das eine stellt die Luftdruckverteilung im Meeresniveau dar, wozu die Wetterkarten mehrerer Zentralstellen herangezogen wurden. Die andern Linien bezeichnen die Isobaren im Niveau von 2500 *m*. Ihre Lage wurde durch eine von Köppen's Methode festgestellt.

Im Meeresniveau wird die Wetterlage in Zentraleuropa durch einen breiten Luftdruckrücken (von über 775 *mm*) beherrscht, welcher sich vom bottnischen Meerbusen südostwärts zum Unterlaufe des Don erstreckt. Ein steiler, nach SW gerichteter Gradient findet sich über einem Gebietsstreifen, welcher durch eine Linie von Stockholm nach Kiew einerseits und durch eine von Helgoland nach Odessa anderseits begrenzt wird. Ein flaches Depressionsgebiet südlich der Alpen und über Südwestungarn mit einem Kerne vor der ligurischen Küste ist von einer westlich von den britischen Inseln gelegenen Depression durch einen flachen Keil hohen Druckes, der von Spanien gegen Frankreich vorgeschoben ist, getrennt.

Über der südlichen Ostsee und Nordostdeutschland wehen starke bis stürmische O-Winde, die, aus einem westrussischen Kältezentrum kommend,

westwärts eine so abnorme Abkühlung bewirken, wie sie um diese Zeit des Jahres an manchen Orten in den letzten 50 Jahren noch nicht beobachtet wurde. Ungarn und Südösterreich haben dagegen gleichzeitig eine sehr hohe Temperatur; sie werden von einem warmen Luftstrome berührt, der dem südlichen Depressionsgebiete angehört. In Hermannstadt wurde 18.0°, in Pest 13.7°, in Krakau dagegen nur 2.8° beobachtet. Die Isothermen sind dementsprechend im SO dicht gedrängt.

In der Höhe von 2500 *m* beherrschen ein Hochdruckgebiet im NO über dem Finnischen Meerbusen und ein zweites, durch einen flachen Sattel davon getrenntes, über dem Schwarzen Meere in Verbindung mit einem tiefen Minimum über Mitteldeutschland die Wetterlage im östlichen Mitteleuropa. Abweichend von dem Verhalten im untern Niveau ist die obere Luftbewegung daher über Deutschland wesentlich zyklonal und dementsprechend mit einer aufsteigenden Komponente und der Tendenz zur Niederschlagsbildung ausgestattet. Die Hauptluftzufuhr zur Depression erfolgt im östlichen und nördlichen Quadranten der Depression, wo die Gradienten am steilsten sind. Die Luft kommt vorwiegend aus südlichen, mittelländischen Breiten und ist daher warm und feucht.

Vergleicht man die Lage des Eisregengebietes mit der Witterungslage im untern und obern Niveau, so wird der Zusammenhang zwischen ihnen leicht klar, wenn man sich dabei die Bedingungen eines Eisregenfalles vergegenwärtigt. Das innere Gebiet und der nordöstliche, östliche und südöstliche Teil der obern Depression sind naturgemäss am niederschlagsreichsten. Der in diesem Gebiete gebildete Regen wird aber bei seinem Falle zur Erdoberfläche nur dort überkaltet, wo er durch eine unter 0° temperierte Luftschicht hindurchfällt, also in dem von der 0°-Isotherme begrenzten Raum und noch etwas darüber hinaus. Die nördliche Grenze des Eisregengebietes ist in unserem Falle zugleich Grenze des Niederschlagsgebietes überhaupt, die südliche und westliche Grenze bezeichnet dagegen die Grenze der untern kalten Luftschicht. Jenseits davon fällt nicht überkalteter Regen.«

Untersuchungen über die Regenverteilung in ihrer Beziehung zu den Aktionszentren der Atmosphäre hat H. Hildebrandsson angestellt[1]). Für diese Art Untersuchungen erscheint der Monat als zu kurzer Zeitraum, wenn man dagegen die Jahreszeiten in Betracht zieht oder Halbjahre (Oktober bis März und April bis September), so begegnet man einer überraschenden Regelmässigkeit. Hildebrandsson hat deshalb halbjährliche Mittelwerte für die Regenverhältnisse seinen Untersuchungen zu Grunde gelegt. Dabei stellte sich heraus, dass das Winterhalbjahr (Oktober bis März) zum vergleichenden Studium bequemer ist als das andere, denn auf grossen Räumen, besonders der subtropischen Gegenden der nördlichen Erdhälfte, fällt in der wärmern Jahreszeit oft mehrere Monate hindurch kein Regen.

Ehe Hildebrandsson an die Untersuchung der gleichzeitigen Verteilung der Regen auf den einzelnen Gebieten geht, erinnert er daran, dass es bezüglich ihrer Entstehungsweise drei Arten von Regen giebt, nämlich Niederschläge durch Konvektion, zyklonische und orographische. Die letztern werden durch die Formation des Bodens bedingt und sind deshalb lokale Erscheinungen.

---

[1]) Kgl. Svenska Vetenskaps-Akad. Handlingar 32. No. 4. Stockholm 1899.

Bei den Untersuchungen, um die es sich hier handelt, müssen auch Regionen wie das nördliche Schweden, wo ein vorwiegend orographischer Einfluss auf den Regenfall zu fürchten ist, ausgeschlossen werden. Dieser Einfluss tritt am bedeutendsten hervor, wenn eine Bergkette senkrecht zur Richtung der vorherrschenden Winde verläuft; ist dagegen deren Richtung parallel der letztern, so ist der Einfluss bedeutend geringer und oft unmerklich. So sind z. B. die Kurven der Regenverteilung für Bregenz (nördlich von den Alpen) und für Riva (südlich von den Alpen) ziemlich ähnlich verlaufend, obgleich beide Punkte sehr verschiedenen Klimagebieten angehören, denn die Richtung des Alpenverlaufes ist im grossen und ganzen ziemlich parallel zur Richtung der vorherrschenden Westwinde.

Bei der Notwendigkeit, längere Perioden als solche von Monatsdauer in Betracht zu ziehen, tritt der Mangel an ausreichenden Beobachtungen sehr merklich hervor. Weder für Alaska, noch für Kap Horn liegen genügende Beobachtungen vor, so dass in erster Linie nur die drei Aktionszentren um Europa herum, nämlich das Meer bei Island, die Azoren und Sibirien in Betracht genommen werden können. Es handelt sich hierbei um die Monate Oktober bis März. Für das Isländische Zentrum sind die beobachteten Regenhöhen zu Thorshavn, Berufjord und Tromsö, für das Azorenzentrum diejenigen zu Ponta Delgada, San Fernando und Madrid in Betracht gezogen. Betrachtet man die hiernach gezogenen Kurven der Regenverteilung in den Monaten Oktober bis März während der Jahre 1875—1890, so findet man, dass für die beiden Gruppen (Island und Azoren) die Schwankungen in der Menge der gefallenen Niederschläge sich während der kalten Jahreszeit in den obigen Jahren (mit Ausnahme von 1880) fast immer umgekehrt verhalten haben: einem Überschusse an Niederschlägen bei Island entspricht in den betreffenden Monaten ein Minus bei den Azoren und umgekehrt. Wir sehen also hier den gleichen Gegensatz, wie bei dem monatlichen Verlaufe des Luftdruckes in beiden Regionen. Ebenso deutlich, ja in gewisser Beziehung noch deutlicher, zeigt sich ein Gegensatz zwischen Westsibirien (Barnaul und Jeniseisk) und Ostindien. Die Kurven, welche für diese Regionen die Niederschlagshöhen darstellen, verlaufen fast entgegengesetzt. Der jährliche Niederschlag in Indien setzt sich, mit Ausnahme der nördlichsten Stationen, fast ausschliesslich aus den Regen des SW-Monsuns zusammen und ereignet sich im Sommer. Da ist es nun von grösster Wichtigkeit, dass, gemäss den Beobachtungen, die Niederschlagsmengen während der Monate Oktober bis März in Sibirien sich im allgemeinen umgekehrt verhalten wie die Niederschlagsmengen, die während der folgenden Regensaison in Indien fallen. Die Meteorologen zu Calcutta haben schon vor längerer Zeit gefunden, dass, wenn zur Winterszeit im Himalayagebirge reichliche Schneefälle eintreten, im nächsten Sommer Trockenheit und Hungersnot in Hindostan zu befürchten

ist, und dass umgekehrt bei geringem Schneefalle im Himalaya reichliche Monsunregen zu erwarten sind.

Die gleiche Beziehung findet statt zwischen der in Sibirien gefallenen Regenmenge im Winter und der im nächsten Sommer für Indien zu erwartenden, wie zwischen der zu Calcutta ermittelten Regenmenge in Indien und der Schneemenge im Himalayagebirge. Hieraus könnte man schliessen, dass im Winter das Regime der Regenfälle über ganz Zentralasien bis zu den Abhängen des Himalaya und den Gebirgen Belutschistans im Süden das Gleiche ist. Es bedarf keiner Frage, dass eine Vorausbestimmung des Wetters für die Regenzeit Indiens, ein halbes Jahr vor Eintritt derselben von ungeheurem Nutzen sein würde. Unglücklicherweise ist aber das oben ausgesprochene Gesetz nicht ohne Ausnahmen. Von den 21 Jahren, welche in den Beobachtungen dargestellt werden, entsprechen zwei dem Gesetze nicht (1886 und 1896), und gerade eines derselben (1896) war überaus schrecklich durch die Trockenheit und Hungersnot, welche Indien heimsuchten. Von einer absoluten Sicherheit kann also hier, wie bei allen meteorologischen Prognosen, nicht die Rede sein.

Wie Hildebrandsson früher gezeigt, sind die Barometerschwankungen in Indien im allgemeinen denjenigen in Sibirien und auf der Insel Mauritius im Indischen Ozeane entgegengesetzt, am ausgesprochensten findet dies für Sibirien und Indien statt. Die Regenkurve für Mauritius zeigt dagegen kaum eine Beziehung zu derjenigen von Indien, aber doch ist bemerkenswert, dass der Trockenheit in Indien 1896 starke Regenfälle folgten, welche im Februar die Insel Mauritius heimsuchten und damals die unerhört grosse Wassermenge von 762.1 *mm* lieferten. Übrigens würde eine Beziehung zwischen Mauritius und Indien wahrscheinlicher im Sommer sein, wo der SO-Passat und der SO-Monsun zwischen beiden Regionen einen einzigen Luftstrom bilden, der weit mächtiger auftritt als im Winter, wenn der SO-Passat und der NO-Monsun zwei fast einander entgegengesetzte Luftströme sind, die durch die äquatorialen Kalmen getrennt werden.

Die Regenkurven von Mauritius und Südaustralien (Melbourne und Auckland) zeigen ebenfalls eine ausgesprochene Opposition. Von der Insel St. Helena, die im Aktionszentrum des Südatlantischen Ozeans liegt, sind leider keine Regenbeobachtungen bekannt, dagegen mehrjährige Beobachtungen am Alto da Serra (23° 40′ südl. Br., 46° 30′ östl L. v. Gr.) in Brasilien, einem Orte, der auch noch im Gebiete des hohen südatlantischen Luftdruckes liegt. Beim Vergleiche mit Cordoba in Argentinien zeigt sich ebenfalls ein entgegengesetztes Verhalten der Regenmengen, genau so wie beim Vergleiche des nordatlantischen Barometermaximums mit der Region niedrigern Druckes bei Island oder zwischen dem Maximum des Indischen Ozeans und den gemässigten Regionen Südaustraliens.

Für die warme Jahreszeit (April bis September) ist es schwieriger, die Regenbeziehungen in dem hier betrachteten Sinne zu studieren.

Es genügt ein Blick auf die Karte der Isobaren und Isothermen für jene Monate, um sogleich zu zeigen, dass so ausgesprochene Gegensätze in dem Verhalten der Aktionszentren wie zur Winterszeit nicht stattfinden; auch fehlen im Sommer über grosse Kurven der Niederschläge bisweilen gänzlich. Hildebrandsson beschränkt sich deshalb auf wenige Bemerkungen.

Zunächst sind die zugleich veränderten Verhältnisse Sibiriens bemerkenswert. Das dort im Winter herrschende Barometermaximum ist im Sommer einem Minimum des Luftdruckes gewichen. Die Regenkurven für Barnaul und St. Mauritius zeigen jetzt ein ausgesprochen entgegengesetztes Verhalten. Dagegen zeigen die Kurven für Thorshavn und Ponta Delgada nicht mehr das entgegengesetzte Verhalten des Winters. Im Frühjahre, wenn das Festland von Europa anfängt sich zu erwärmen, verlegt sich der hohe Luftdruck der Azoren nach NW auf den Ozean. Dadurch werden in Europa jene vorherrschenden Nord- und Nordostwinde bedingt, welche im Mai und Juni die berüchtigten Kälterückfälle veranlassen. Cordoba in Argentinien und Alto da Serra zeigen im April bis September die gleiche Opposition in Bezug auf ihre Regenkurven, wie im Oktober bis März.

Über die Herkunft des Regens verbreitet sich Prof. E. Brückner[1]). Auf Grund der Verteilung des Regenfalles auf den Landflächen hat man mit wenigen Ausnahmen (u. a. Woeikof und Supan) den Ozean als einzigen Dampfspender für den Niederschlag betrachtet, doch mit Unrecht. Die Verdunstung von den Landflächen ist thatsächlich sehr bedeutend und beträgt in regnerischen Klimaten mindestens die Hälfte der Verdunstung benachbarter Meere. Sie lässt sich als Differenz zwischen dem Volum des Regenfalles und der abfliessenden Wassermenge berechnen. Sie wächst mit der Temperatur (60—50° nördl. Br. 365 *mm*, 40—30° 835 *mm*, 10° nördl. Br. bis 10° südl. Br. 1375 *mm*) und mit dem Regenfalle (England 500—550 *mm*, Norddeutschland 450, Russland etwa 300). Daraus folgt, dass sie wesentlich zum Regenfalle beitragen kann. Dass es geschieht, lehrt die Wasserführung der Flüsse.

Da die Wassermenge des Ozeans konstant ist, so muss ebenso viel Wasser zum Ozeane zurückkehren, als vom Ozeane verdunstet. Vom Regenfalle der Landmassen fliessen aber nur etwa $^2/_9$ ab; würde aller Regen ozeanischen Ursprunges sein, so müssten die übrigen $^7/_9$ durch die Atmosphäre zum Ozeane zurückgelangen. Eine Diskussion der Luftbewegung ergiebt, dass das ausgeschlossen ist, besonders im Norden der Alten Welt, wo die Küste Mittel- und Westeuropas das Einfallsthor für den ozeanischen Wasserdampf darstellt. Daher muss mehr als die Hälfte, wahrscheinlich aber

[1]) 7. Internationaler Geographen-Kongress zu Berlin 1899.

$^2/_3$ des gesamten auf den Landflächen der Erde fallenden Niederschlages dem Wasserdampfe entspringen, der durch Verdunstung von den Landflächen in die Atmosphäre gelangte. Ganz besonders klar ist der kontinentale Ursprung des bei Wärmegewittern fallenden Regens.

Da die Grösse der Verdunstung je nach den Bodenverhältnissen wechselt, bei undurchlässigem Boden stärker als bei durchlässigem, bei bewachsenem stärker als bei nacktem, so wechselt auch das Vermögen des Bodens, Wasserdampf zu liefern. Die Vegetation trägt um so mehr zur Verdunstung bei, je tiefer ihre Wurzeln reichen. Nach Ototzkij wirkt in Russland Wald geradezu drainierend auf das Grundwasser. Doch darf man nicht erwarten, den Effekt dieser stärkern Verdunstung des Waldes im Regenfalle des alten Waldes zu erkennen. Es kommt vielmehr die gesteigerte Dampflieferung besonders dem in Lee gelegenen Gebiete zu Gute, wohin der Wind die Wasserdämpfe verträgt.

Mit dem grossen Einflusse der Landflächen auf die Dampflieferung hängt es zusammen, dass mehrfach Dürren so ausgedehnte Flächen treffen, wie z. B. 1893. Auch das Fehlen einer Kompensation des Regenfalles in den 35 jährigen Klimaschwankungen erfährt eine Erklärung: Für die Gebiete Russlands und Sibiriens werden die Regenmengen des luvwärts gelegenen Gebietes von Mittel- und Westeuropa massgebend, da in regnerischen Zeiten hier mehr Wasser verdunstet, das sich dann später weiter im Osten niederschlägt, in trocknen aber weniger.

So ist die Landfläche nicht unthätig beim Kreislaufe des Wassers, im Gegenteile, sie verdoppelt und verdreifacht ihn: Ein Wasserteilchen, das durch die Atmosphäre vom Ozeane zum Lande kam, fällt hier durchschnittlich dreimal als Niederschlag nieder, ehe es in den Schoss des Ozeans zurückkehrt.

Die Bildung des Hagels besprach Prof. W. Trabert[1]), wobei er alle bisher aufgestellten Hageltheorien kritisch beleuchtete. Zwei Fragen sind es hiernach, auf die sich die Erklärung der Hagelbildung konzentriert, nämlich die nach der Ursache des Zusammenflusses und die nach der Ursache des Wärmeverbrauches. Die erste Ursache ist nach Trabert wahrscheinlich in der Elektrizität zu suchen, aber was die Ursache der Kälte anbelangt, so ist darüber Sicheres nicht ermittelt, in ihr liegt das eigentlich dunkle Gebiet bei Erklärung des Hagelprozesses.

18. Winde und Stürme.

Der tägliche Gang der Windgeschwindigkeit auf dem Wasserturme und der Spitze des Münsterturmes zu Strassburg. Seit 1892 funktionieren selbstregistrierende Anemometer auf

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 433.

dem Wasserturme (52 *m* über dem Boden) und auf der Münsterspitze (144 *m*), und diese Aufzeichnungen füllen die Lücke aus zwischen den bisherigen Windstärkemessungen nahe dem Erdboden und in 300 *m* Höhe auf dem Eiffelturme. In seiner Bearbeitung des 1892 erhaltenen Materiales[1]); kam Prof. Hergesell zu folgenden Ergebnissen:

»Die beiden Anemometer haben eine Höhendifferenz von 92 *m*. Das untere, das immerhin schon 52 *m* über dem Erdboden steht, zeigt einen wesentlich andern Gang als das obere auf der Münsterspitze. Die Mittel der Windgeschwindigkeit, die aus den Aufzeichnungen des höhern Windmessers abgeleitet sind, haben einen täglichen Gang, der durchaus dem bekannten Gange der Windgeschwindigkeit auf Berggipfeln entspricht. Das Minimum fällt in die Vormittagsstunden, das Maximum in die Nachtzeit. Der tägliche Gang der Windgeschwindigkeit in einer Höhe von 52 *m* zeigt dagegen das Maximum in der Tageszeit zwischen 2 und 4^h nachmittags, ein weniger ausgesprochenes Minimum in den Nachtstunden. Die Grenze der Schicht, in welcher der tägliche Gang, wie er in der Nähe des Erdbodens stattfindet, zur Erscheinung tritt, scheint kaum höher zu liegen als 52 *m*, da die Windgeschwindigkeiten der Wasserturmspitze, die überhaupt wenig in den Monatsmitteln variieren, mitunter Neigung zeigen, in den entgegengesetzten Gang überzugehen. Also nur in einer sehr dünnen Bodenschicht findet die Luftbewegung nach den Gesetzen statt, die durch die gewöhnlichen Anemometeraufstellungen ermittelt worden sind. Schon über einer Höhe von etwas mehr als 50 *m* über dem Erdboden gelten die Gesetze, wie sie durch die Gipfelstationen für die höhern Schichten aufgestellt sind.

Das bezieht sich in erster Linie auf den täglichen Gang, aber es hat auch Geltung für die Intensität der Bewegung. Das Jahresmittel 1892 beträgt für die Münsterspitze 5.89 *m*, für den Wasserturm 4.05. Das Verhältnis beider Geschwindigkeiten beträgt 1.46. Also ist in einer Höhe von 144 *m* die Windgeschwindigkeit im Jahresmittel beinahe anderthalbmal so gross, als in dem Niveau von 52 *m*.

Das Verhältnis würde noch grösser werden, wenn dass untere Anemometer sich in grösserer Nähe des Erdbodens befinden würde. Ausserdem ist zu bedenken, dass die Lage des Münsterturmes keine ganz freie ist, da die Stadt mit dem Turme in dem tiefen Graben des Rheinthales gelegen ist, dessen Wände die Münsterspitze bedeutend überragen. Trotzdem haben wir die hohe Geschwindigkeit von 6 *m* p. s. im Jahresmittel zu verzeichnen. Vergleichen wir mit diesem Jahresmittel die Geschwindigkeiten auf einer Gipfelstation, so finden wir auf dem Säntis in einer Höhe von 2500 *m* eine mittlere Geschwindigkeit von 8 *m* p. s., eine Zahl, die in Anbetracht der grossen Höhendifferenz auffällig klein zum Mittel der Windgeschwindigkeit auf der Münsterspitze erscheint. Die grösste Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe findet also in den untersten Schichten der Atmosphäre statt, hier beträgt die Zunahme für 100 *m* 2 *m*; viel langsamer nimmt die Geschwindigkeit von dem Niveau 150 *m* bis zur Höhe des Säntisgipfels zu. Das Mehr der Zunahme, für 100 *m* berechnet, hat hier den Wert 0.09, ist also nur einige Hundertstel der ersten Zahl. Trotz der nicht ganz freien Lage des Münsterturmes sind die Maximalgeschwindigkeiten, die auf der Spitze zur Beobachtung gelangten, doch ganz bedeutende. Die grösste Geschwindigkeit im Jahre 1892 wurde in der Nacht vom 31. Dezember 1891 zum 1. Januar 1892 um 3^h vormittags beobachtet. Die mittlere Geschwindigkeit von 3—4^h vormittags betrug damals 31.5 *m* p. s. In keinem Monate ging die erreichte Maximalgeschwindigkeit unter 13 *m* herab, sondern überschritt meistens den Betrag von 15 *m*. Wie schon

[1]) Deutsches Meteorolog. Jahrbuch. Elsass-Lothringen 1892.

erwähnt, sind diese Zahlen Stundenmittel. Wenn man die Geschwindigkeit für kleinere Zeitabschnitte ermittelt, ergeben sich noch grössere Geschwindigkeiten: 25 *m* p. s. würden dann öfters überschritten. Hierdurch ist bewiesen, dass die Luftbewegung ganz verschiedenen Gesetzen folgt, je nachdem sie in einer dünnen Bodenschicht, die kaum 50 *m* an Dicke überschreitet, oder darüber in höhern Schichten stattfindet. Die Bewegungserscheinungen in der untersten Schicht sind meist lokaler Natur und wenig vergleichbar. Anemometerbeobachtungen in einer Höhe angestellt, die mehr als 50 *m* beträgt, bieten weit grösseres Interesse und sind auch mit einander vergleichbar, was man von den bis jetzt angestellten Messungen der Windgeschwindigkeit kaum wird behaupten können«.

Prof. J. Hann hat die Registrierungen auf beiden Punkten für den täglichen Gang der Windstärke durch Formeln mit periodischen Gliedern dargestellt[1]) und dadurch mit den an andern Orten gewonnenen unmittelbar vergleichbar gemacht; auch giebt er eine kurze Darstellung der am meisten charakteristischen Züge der täglichen Änderung der Windstärken in 52 und 144 *m* Höhe.

»Das Anemometer auf dem Wasserturme zeigt im Winter eine sehr geringe tägliche Variation, im Sommer wird dieselbe etwa viermal grösser. Gegenüber niedrigen, näher der Erdoberfläche aufgestellten Anemometern zeigt sich eine Verspätung des Eintrittes der Minima, namentlich aber auch der Maxima der Windstärke im Laufe des Tages. Das Maximum tritt erst um $3^h\,30^m$ nachmittags etwa ein, während es bei niedrig aufgestellten Anemometern meist schon bald nach 1^h nachmittags sich einstellt. Die Windstärke überschreitet erst um 11^h vormittags, also kurz vor Mittag, den Mittelwert, während ganz unten dies schon um 9^h vormittags geschieht. Im ganzen aber ist der tägliche Gang der Windstärke auf dem Wasserturme noch mit jenem an der Erdoberfläche übereinstimmend.

Anders auf dem Münsterturme in 144 *m*. Hier ist bei Tage von 7^h vormittags bis 4^h nachmittags die Windstärke unter dem Mittel, auf dem Wasserturme aber von 11^h vormittags bis 8^h nachmittags über demselben. Bei Nacht ist die Windstärke über dem Tagesmittel wie auf dem Eiffelturme und auf Berggipfeln. Es treten aber zwei Maxima bei Nacht auf, das eine um 9^h nachmittags, gleichsam das hier noch weiter verspätete Maximum am Wasserturme, und ein zweites Maximum um 4^h vormittags, das mit jenem auf manchen Berggipfeln korrespondiert. Die kleinste Windstärke tritt im Winter um 1^h nachmittags ein, zu gleicher Zeit mit dem Maximum am Erdboden, im Sommer aber, wo nach der Espy-Köppen'schen Theorie der Luftaustausch zwischen den untersten und den obern Luftschichten viel höher hinaufreicht, schon zwischen 9 und 10^h vormittags; um 4^h nachmittags greift die lebhaftere Luftbewegung schon in höhere Schichten hinauf über die Münsterturmspitze hinaus. Der Münsterturm bildet eine Zwischenstation zur Höhe des Eiffelturmes, und die daselbst beobachteten Änderungen der Windstärke sprechen vollkommen zu Gunsten der eben genannten Theorie. Bemerkenswert ist, dass die mittlere Grösse der täglichen Variation der Windstärke auf der Münsterturmspitze im Winter und im Sommer ziemlich gleich ist. Die Registrierungen auf dem Strassburger Münsterturme zeigen, wie schon Hergesell hervorgehoben hat, dass die an der Erdoberfläche allenthalben beobachtete tägliche Verstärkung des Windes nach Mittag und bei Tag überhaupt kaum über 100 *m* hinauf reichen dürfte, dieselbe also ein auf die untersten Luftschichten beschränktes Phänomen ist.«

---

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 457.

Anschliessend giebt Prof. Hann noch einige Mitteilungen über den täglichen Gang der Windstärke in verschiedenen Höhen auf der Insel Jersey. »Das Anemometer in 55 *m* relativ (112 *m* absolut) zeigt eine sehr geringe tägliche Variation, was wohl durch die Lage auf einer Insel bedingt wird; in dieser Höhe wirkt die Insel nur mehr wenig auf das Anemometer, und die tägliche Variation nähert sich jener über der Meeresfläche, wo dieselbe bekanntlich sehr unbedeutend ist oder fast ganz verschwindet. W. Köppen hat dies aus den Registrierungen auf einer der Bermuda-Inseln schon vor längerer Zeit nachgewiesen. Die Registrierungen auf Jersey lassen sich deshalb nicht unmittelbar mit jenen auf dem Wasserturme in Strassburg vergleichen, obgleich die relative Höhe der Anemometer dieselbe ist.«

Prof. Hann hat zunächst die korrespondierenden Jahresmittel aus den Registrierungen 1895 und 1896 in 8 *m* und in 55 *m* über dem Boden berechnet.

Es ergiebt sich daraus, dass in der Nähe der Erdoberfläche in 8 *m* Höhe die tägliche Variation der Windstärke fast viermal grösser ist als in 55 *m* über der Erdoberfläche. Der tägliche Gang in 8 *m* ist der wohl bekannte in der Nähe des Bodens: Maximum $1^h\ 30^m$ nachmittags, Minimum 3^h vormittags. In 55 *m* dagegen fällt das Maximum auf 7^h nachmittags (zwei Stunden früher als auf dem Münsterturme), das Minimum auf 7^h vormittags.

Der Einfluss der Jahreszeiten auf die tägliche Variation besteht hauptsächlich in einer Vergrösserung der täglichen Amplitude, die im Sommer rund zweimal grösser ist als im Winter. Die Phasenzeiten bleiben ziemlich konstant. Auch in diesen Gleichungen für die Jahreszeiten ersieht man die grosse Abschwächung der täglichen Variation mit der zunehmenden Höhe der Aufstellung des Anemometers.

Über verschiedene Entstehungsarten und Erscheinungsformen des Föhns verbreitete sich R. Billwiller[1].

Der Föhn auf der Nordseite der Alpen. Nach Erk und Pernter wäre das Auftreten des Föhns immer die Folge der Bildung von Teilminima am Rande einer primären Depression. Auch Hann hat dieses Ergebnis in seiner Klimatologie erwähnt. Billwiller hat in einem speziellen Falle, nämlich bei dem Föhn vom 13. Januar 1895[2]), ebenfalls auf dessen Zusammenhang mit der Bildung einer Teildepression hingewiesen, die letztere aber als Folge des Föhn betrachtet, und nicht umgekehrt. Nach seiner auf langjährige Wahrnehmungen sich stützenden Ansicht ruft in den meisten Fällen schon eine primäre Depression auf ihrer Vorderseite am Nordfusse der Alpen eine Föhnströmung hervor, und es kann eine solche, namentlich wenn sie nicht sehr intensiv auftritt, einige Tage anhalten, ohne zur Bildung einer Teildepression zu führen. Eine Ausbuchtung des südöstlichen Teiles der Depression ist allerdings häufig zu beobachten; diese dürfte aber nach seiner Meinung auf die thermische Wirkung der relativ warmen zuströmenden Luft zurückzuführen sein.

---

1) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 204 ff.
2) Meteorol. Zeitschr. 1895. p. 201.

Er will aber nicht in Abrede stellen, dass es Fälle giebt, wo ein im N der Alpen vorüberziehendes Teilminimum die Veranlassung zum Auftreten desselben bildet. So war z. B. eine über Frankreich entstandene Teildepression, die, an Tiefe und Umfang zunehmend, am Morgen des 29. Oktober 1896 durch Süddeutschland nordwärts zog, die Ursache eines in den nördlichen Alpenländern vom Mittage des 28. bis um 7h vormittags des 29. zeitweise mit grosser Heftigkeit auftretenden Föhnsturmes, dem dann plötzlich eine intensive nordwestliche Strömung folgte, wobei die Temperatur rasch um ca. 10° fiel. Die stark ausgeprägte Teildepression hatte bezüglich der Föhnerzeugung eben ganz die Wirkung einer rasch vorüberziehenden primären Depression. Aber auch bei barometrischen Teilminima von geringer Ausdehnung wird vorübergehend Föhn veranlasst. Dies war z. B. der Fall bei den Teilminima, die am Südrande von ausgedehnten Depressionen am 2. Januar nachmittags und in der Nacht vom 12. zum 13. Januar 1899 im N der Alpen ostwärts zogen.

»Als sicher dürfen wir annehmen, dass beim Föhn auf der Nordseite der Alpen, wie dies auch Hann in seiner Abhandlung: »Über den Föhn in Bludenz«, hervorgehoben hat, das Motiv seiner Entstehung, abgesehen von den weiter unten besprochenen Fällen des mehr lokalen Auftretens in den Thälern, diesseits der Alpen liegt, und dass diese keineswegs an die Bedingung eines die Alpen überwehenden stürmischen Windes geknüpft ist. Auf der Südseite der Alpen ist meistens von einem aufsteigenden Luftstrome nichts direkt wahrzunehmen. Eine langsame Hebung der untern Schichten, verursacht durch die vom Alpenkamme nach der Südseite sich ausbreitende Störung des Gleichgewichtes, macht sich in der Folge durch die Bildung von Niederschlägen bemerkbar. Doch sind diese oft nur unbedeutend oder bleiben, wenn der Föhn nur kurze Zeit anhält, auch ganz aus.

Allgemein bekannt ist, dass dem Föhn auf der Nordseite der Alpen sehr häufig Niederschläge folgen. Letztere stehen aber mit dem Föhn selbst in keinem ursächlichen Zusammenhange, sondern sie sind einfach die Folge des Fortschreitens der Depression nach O, wobei auf deren Rückseite der Föhn durch die feuchten W- und NW-Winde ersetzt wird. Nicht selten bleiben aber auch diese Niederschläge aus, nämlich jeweils dann, wenn das Depressionszentrum im W stationär bleibt und sich darauf unter Einwirkung einer im O gelegenen Hochdruckzone ausfüllt oder in retrograder Richtung sich westwärts fortbewegt.

Der Nordföhn auf der Südseite der Alpen. Das Auftreten eines dem Föhn der Nordschweiz analogen, sich nur durch die Richtung unterscheidenden Fallwindes auf der Südseite der Alpen war eine Folgerung, die schon auf deduktivem Wege aus der Hann'schen Theorie sich ergeben musste. Es wurde ihr auch bald durch den Nachweis entsprechender Thatsachen Genüge geleistet, und es bilden die letztern nun eine wesentliche Stütze der Theorie. Wild und Hann haben schon im Jahre 1868 gezeigt, dass nicht selten in den südlichen Alpenthälern vom Alpenkamme herabwehende trockene nördliche Winde sich einstellen, und Hann hat nachgewiesen, dass bei diesem Windfalle die Temperaturzunahme im Mittel dem von der Theorie geforderten Betrage von 1° pro 100 *m* wie beim Föhn auf der Nordseite entspricht, und dass ebenso die relative Feuchtigkeit eine geringe ist. Wild nannte deshalb diesen Fallwind Nordföhn, indem er dem Kollektivnamen Föhn, welcher auf die physikalischen Eigenschaften des Windes hinweist, die Richtung, aus der er weht, zur Unterscheidung vom diesseitigen Föhn beifügte.

Veranlassung zum Auftreten des Nordföhns geben die über dem nördlichen Mittelmeergebiete sich einstellenden Depressionen. Je tiefer diese sind, und je näher ihr Zentrum den Alpen zu liegen kommt, umso intensiver tritt der Nordföhn auf, entsprechend dem Verhalten des diesseitigen Föhns. Doch sind die barometrischen Minima nicht immer die Ursache des Auftretens von Nordföhn. Lokal, d. h. innerhalb der südlichen Alpen-

thäler, stellt sich dieser auch ein, wenn im N der Alpen von W oder NW her eine rasche Zunahme des Luftdruckes erfolgt, wie dies auf der Rückseite einer ostwärts abziehenden Depression der Fall ist. Es tritt dann am Nordfusse der Alpen eine Stauung der Luft und damit ein bedeutender barometrischer Gradient gegen S ein, da die Bewegung der Luftmassen an der Scheidewand der Alpen ein Hindernis findet. Dadurch entsteht eine Gleichgewichtsstörung, und es wird durch den Überdruck von N her die Luft gleichsam aus den Thälern herausgepresst, wobei Föhnbildung eintritt ohne Mitwirkung von Aspiration durch ein barometrisches Minimum im S. Der Luftdruck ist in diesen Fällen auf der Südseite des Gebirges wie im N im Steigen, die Depression also in Abnahme begriffen. Das Motiv des Nordföhns liegt in diesen Fällen also nordwärts der Alpen. Billwiller hat auf diese Entstehungsweise bereits 1875 hingewiesen, und es dürfte dieselbe in der Mehrzahl der Fälle des Auftretens des Föhns im Bergell zutreffend sein.

Auf ein ganz analoges Auftreten des Nordföhns in Steiermark hat vor kurzem Trabert durch Mitteilung von Beobachtungen zu Tragöss auf der Südseite der Hochschwabkette hingewiesen[1]). Auch bei diesem Föhn lassen sich, wie Trabert ausdrücklich hervorhebt, die oben erwähnten zwei verschiedenen Arten der Entstehungsursachen unterscheiden, einerseits der Einfluss eines im S gelegenen barometrischen Minimums, anderseits der Vorstoss einer Zone relativ hohen Luftdruckes von N her, d. h. der durch Stauung gebildete barometrische Gradient über dem Alpenkamme.

Im allgemeinen zeichnet sich der Nordföhn mehr durch die geringe relative Feuchtigkeit, als durch abnorm hohe Temperaturen aus, wie es beim diesseitigen Föhn der Fall ist. Es erklärt sich dies leicht aus dem Umstande, dass beim Nordföhn die Anfangstemperatur der von der Nordseite der Alpen zuströmenden Luft tiefer liegt als bei der von der Südseite her aspirierten Luft des Südföhns. Der physikalische Prozess aber, oder der Betrag der Wärmezunahme beim Herabfliessen ist für dieselbe Höhendifferenz bei beiden Fallwinden die gleiche.

Gleichzeitiges Auftreten von Föhn in den nördlichen und südlichen Alpenthälern. Erfolgt die Zunahme des Luftdruckes beim Abziehen oder Ausfüllen einer barometrischen Depression durch eine Strömung mit bedeutender vertikaler Komponente, statt wie beim Nordföhn durch einen mehr horizontalen Luftzufluss, und stellt sich eine solche Strömung über dem Alpengebiete ein, nachdem hier zuvor relativ niedriger Luftdruck geherrscht hat, so kann der absteigende Luftstrom Anlass zum gleichzeitigen Auftreten von Föhn auf beiden Seiten der Alpen geben.« Dies war der Fall in einem Beispiele, auf das Billwiller näher eingeht.

»Solche Fälle gleichzeitigen Auftretens von Föhn zu beiden Seiten der Alpen sind zwar nicht häufig, aber auch nicht sehr selten. Sie werden, da die Luftbewegung dabei gewöhnlich nicht intensiv ist, leicht übersehen.

Föhnerscheinungen im Alpengebiete beim Regime von barometrischen Maximalzonen. Eine absteigende Bewegung der Luft bildet die Regel innerhalb der Gebiete hohen Luftdruckes. Es ist wieder das Verdienst Hann's, zuerst darauf hingewiesen zu haben, dass die in den höhern Luftschichten auftretende abnorme Wärme bei gleichzeitigem, durch die Ausstrahlung bedingten starken Erkalten der in den Niederungen stagnierenden Luftmassen aufs engste mit der Luftzirkulation in den barometrischen Maximalzonen zusammenhängt. Den ersten Nachweis für die herabsteigende Bewegung der Luft im innern Teile eines Hochdruckgebietes als Ursache der hohen Wärme und Trockenheit in grössern Höhen der Atmosphäre führte er in einer Besprechung des Luftdruckmaximums vom 23. Januar bis 3. Februar 1876[2]). Seither wurde das Auftreten dieser, wie Hann sich ausdrückt, dem Föhn ganz analogen Erscheinungen, im zentralen Teile der

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1898. p. 63.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1876. p. 129.

barometrischen Maxima oder Antizyklonen allseitig bestätigt, und es hat das im Winter so häufig sich einstellende und im Klima der Gebirgsgegenden ein so wichtiges Moment bildende Phänomen der sogenannten Umkehrung der vertikalen Temperaturverteilung dadurch eine allgemein befriedigende Erklärung gefunden.

Das sonst langsame Absteigen der Luft innerhalb der Antizyklonen nimmt nun aber im Alpengebiete häufig lokal eine raschere Bewegung an. Es geschieht dies unter dem Einflusse der Terraingestaltung, was sich mechanisch unschwer erklärt. Bei der Annäherung an das aus der Niederung emporragende Gebirge treten Stauungen ein, und es muss die niedersinkende Strömung bei der Verengung ihrer Bahn in den Thälern an Intensität und Beschleunigung gewinnen. Deshalb sind auch die Alpenthäler zu Zeiten, wo die ganze Niederung zwischen Jura und Alpen bis zu einer Höhe von 800—900 *m* üb. M. von Nebel erfüllt ist, meistens nebelfrei. So melden die Stationen Chur (610 *m*) und Glarus (470 *m*) sehr oft heitern Himmel, während im Alpenvorlande das Terrain bis 800 *m* Höhe und darüber in das Nebelmeer getaucht ist. Die thalwärts fliessende trockene und relativ warme Föhnluft lässt eine Nebelbildung nicht zustandekommen; es tritt dieselbe erst im Flachlande ein, wo sie zur Ruhe kommt, sich mit den stagnierenden Luftmassen mischt und dabei abkühlt. Am auffälligsten macht sich die warme abfliessende Luft an der Grenzlinie zwischen dem Nebelmeere und der obern warmen, von Rauhreif und nach kurzer Zeit auch von Schnee freien Zone der Berghänge bemerkbar. Gelangt man beim Aufwärtssteigen aus der Nebelschicht über diese Grenzlinie, so hat man das Gefühl, als ob man in ein geheiztes Zimmer trete. Erleidet diese Grenzlinie Schwankungen, einerseits durch den abwärts drängenden warmen Luftstrom, anderseits durch die unter dem Einflusse von mehr oder weniger lokalen Luftdruckdifferenzen veranlasste Bewegung oder durch die infolge der Insolation bewirkte Auflockerung der untern Luftschichten, so treten merkwürdige Temperaturschwankungen an ein und derselben Lokalität ein. Wanner, früher Leiter der meteorologischen Station Trogen, hat mehrfach den merkwürdigen Kampf der warmen Föhnluft aus der Höhe mit der kalten, vom Bodenseebecken heranflutenden Nebelluft beobachtet. Es traten dabei Temperaturwechsel bis zu 14° innerhalb einer Stunde und bis zu 9° innerhalb fünf Minuten auf, während die relative Feuchtigkeit zwischen 100 und 30 % schwankte. Da nun dieser absteigende Luftstrom von den Bewohnern der betreffenden Berggegenden allgemein »Föhn« genannt wird und sich in seinen Eigenschaften auch von dem durch die Aspiration eines Barometerminimums bewirkten in keiner Weise unterscheidet, so ist nicht einzusehen, warum er wissenschaftlich nicht als Föhn bezeichnet werden sollte. Es treten übrigens nicht selten Übergangsformen dieser beiden Föhnarten auf, nämlich dann, wenn ein sich näherndes barometrisches Minimum beginnt sich geltend zu machen. Die kalten, schweren, stagnierenden Luftmassen der Niederung bleiben dann noch eine Zeitlang stabil und werden nur allmählich von der durch die Wechselwirkung der Depression und Antizyklone bedingten, in den obern Regionen zuerst auftretenden Strömung erfasst, worauf schon oben hingewiesen wurde. Die unter dem Regime der Antizyklone zuerst nur lokal auftretende Föhnströmung an den Berghängen und in den Alpenthälern wird dann durch die aspirierende Wirkung des Barometerminimums verstärkt und breitet sich allmählich über das ganze nördliche Alpenvorland aus. Der Föhn der Antizyklone geht dabei unvermerkt in den typischen Föhn über.«

Schliesslich bespricht Billwiller trockne, föhnartige, aus Antizyklonen herauswehende Winde. Dieselben senken sich namentlich aus den Randgebieten von Antizyklonen aus der freien Atmosphäre, ohne Einwirkung des Terrains, zur Erdoberfläche herab. Schon Hann hat auf solche Fälle hingewiesen, und Billwiller fügt einige weitere Beispiele dazu. »Auch die optischen Erscheinungen (grosse Durchsichtigkeit der Luft) und die physiologische Wirkung sind nahezu dieselben wie beim echten Föhn, nur die

Windrichtung ist eine andere. Sie werden deshalb auch vom Laien Föhn genannt. Es liegt, sagt Billwiller, kein Grund vor, diese Benennung als wissenschaftlich unzulässig zu bezeichnen. Man kann ja diesem Namen zur Unterscheidung vom typischen Gebirgsföhn das Epitheton antizyklonal beifügen und den Wind demnach als antizyklonalen Föhn oder »Föhn aus Antizyklone« nennen, während der absteigende Luftstrom innerhalb der Antizyklone über der stagnierenden kalten Luftschicht etwa als Höhenföhn zu bezeichnen wäre, wenn man spezialisieren will. Soviel dürfte aus dem Vorstehenden hervorgehen, dass die Veranlassung zur Entstehung der warmen, trockenen Fallwinde eine verschiedenartige sein kann, dass diese Verschiedenartigkeit der Veranlassung dem Wesen des Föhnphänomens aber keinen Eintrag thut. Eine strenge Unterscheidung verschiedener Föhnarten lässt sich nicht durchführen, weil eben mannigfache Übergangsformen auftreten. Es ist deshalb angezeigt, den Begriff »Föhn« nach den Eigenschaften des Windes und nicht nach dessen Entstehungsarten zu umschreiben, und dies um so mehr, wenn dadurch der Begriff sich mit der volkstümlichen Auffassung deckt.«

Eine Zusammenstellung der grössten gemessenen Windgeschwindigkeiten bei Stürmen giebt Dr. W. Köppen[1]). Dieselbe ist nachstehend wiedergegeben. Neben den wirklichen Windgeschwindigkeiten (*m* pr. Sek.) stehen in Klammern die unkorrigierten Angaben der betreffenden Anemometer, wie sie veröffentlicht sind:

Deutsche Küste. Am 12. Februar 1894 in Hamburg, Wilhelmshaven, Kiel und Wustrow: Stundenmittel (32) 25 bis (36) 28, in Stössen gemessen in Hamburg (40) 30 bis (44) 32 *m* pr. Sek., allerstärkste wohl noch mehr.

Am 11. Dezember 1891 in Borkum, Wilhelmshaven, Hamburg und Wustrow: Stundenmittel zwischen (30) 23 und (34) 26 *m* pr. Sek. In Stössen gemessen in Hamburg (39) 29, geschätzt (40) 30 bis (42) 32 *m* pr. Sek.

1876—1890 höchste stündliche Werte in Wilhelmshaven, Hamburg, Kiel und Wustrow (31) 24, in Borkum [41 *m* hoch] (34) 26 *m* pr. Sek.

Wien. Am 10. März 1881 (29.5) 27, am 10. Dezember 1884 (30.0) 27.5. Vergl. Hann in Meteorolog. Zeitschr. 1894. p. 156; Kew-Anemometer, also Konstante = 2.2.

England. Von Harding sind zwei Zusammenstellungen in Quart. Met. Soc. Journ. 1894. p. 51 und 1895. p. 97 gegeben, durchweg nach der alten Instrumentalkonstante 3. Für Scilly ist diese Konstante auch fast so gross (2.9 nach Curtis), für alle übrigen unten genannte Stationen nimmt Verf. Kew-Anemometer mit Konstante 2.2 an. Stündliche Windgeschwindigkeiten über 26 *m* pr. Sek. haben sich nach diesen Angaben in folgenden Fällen ergeben:

Am	27. Febr.	1869	in	Sandwick	(81 miles)	=	(36) 27	*m*	pr. Sek.
»	15. Jan.	1871	»	Valencia	(81 »)	=	(36) 27	»	» »
»	20. Febr.	1877	»	Holyhead	(82 »)	=	(37) 27	»	» »
»	16. Nov.	1877	»	Sandwick	(83 »)	=	(37) 27	»	» »
»	21. Nov.	1881	»	Valencia	(82 »)	=	(37) 27	»	» »
»	6. Jan.	1882	»	Sandwick	(82 »)	=	(37) 27	»	» »
»	20. Jan.	1884	»	»	(88 »)	=	(39) 29	»	» »
»	21. Febr.	1885	»	»	(82 »)	=	(37) 27	»	» »
»	3. Dez.	1885	»	Valencia	(82 »)	=	(37) 27	»	» »
»	15. Okt.	1886	»	Scilly	(78 »)	=	(35) 34	»	» »
»	20. Mai	1887	»	Fleetwood	(91 »)	=	(41) 30	»	» »
»	8. Febr.	1889	»	»	(86 »)	=	(38) 28	»	» »
»	7. Okt.	1889	»	»	(85 »)	=	(38) 28	»	» »

[1]) Aus dem Archiv der Seewarte 21. No. 5. p. 17 ff.

Am 16. Okt.	1890	in	Fleetwood	(82 miles)	=	(37)	27 *m* pr. Sek.
» 7. Nov.	1890	»	»	(87 »)	=	(39)	29 » » »
» 11. Dez.	1891	»	»	(90 »)	=	(40)	30 » » »
» 17. Nov.	1893	»	Orkney	(96 »)	=	(43)	31 » » »
» 18. Nov.	1893	»	Fleetwood	(87 »)	=	(39)	29 » » »
		»	Holyhead	(89 »)	=	(40)	29 » » »
» 22. Dez.	1894	»	Orkney	(83 »)	=	(37)	27 » » »
		»	Liverpool	(89 »)	=	(40)	29 » » »
		»	Fleetwood	(107 »)	=	(48)	35 » » »

Aden. Am 3. Juni 1885 (49) 36 *m* pr. Sek., »beinahe eine Stunde lang.«

Mauritius. Am 29. April 1892, Kew-Anemometer, in Böen (121 miles) = (54 *m*) = 40 *m* pr. Sek.

Manila. Am 20. Oktober 1882 ¼ Stunde lang 54 *m*, also wenn Kew-Anemometer ebenfalls 40 *m* pr. Sek.

Habana. Am 6. September 1888 in den Böen (42) bis (45), also wenn Kew-Anemometer 31 bis 33 *m* pr. Sek.

Berücksichtigen wir die Verwüstungen, die manche von den angeführten europäischen Stürmen, wie jener vom 12. Februar 1894 in NW-Deutschland und die vom 18. November 1893 und vom 21.—22 Dezember 1894 in England an Bäumen und Gebäuden angerichtet haben, und durch die sie ihre Spur für Jahrzehnte hinterlassen haben, so dürfen wir das Mittel der obigen Angaben aus Europa, 28 *m* pr. Sek., getrost als die Windgeschwindigkeit ansehen, die der stürmischsten Stunde solcher Stürme im Mittel zukommt, deren Böen 11½ Beaufort erreichen und überschreiten. Wie weit die Windgeschwindigkeit in kürzern Zeiträumen darüber hinausgeht, davon lässt sich leider nur wenig sagen. In Hamburg ist sie am 12 Februar 1894 bis zu 32 *m* pr. Sek. korrigiert gemessen worden, in Holyhead am 22. Dezember 1894 bis zu 49 *m* pr. Sek. Das letztere ist jedenfalls eine so grosse Ausnahme, dass wir diese Stärke ruhig als volle 12 Beaufort taxieren dürfen. Ebendahin gehören aber auch die in kurzen Zeiträumen zu Mauritius und Manila gemessenen Geschwindigkeiten von 40 *m* pr. Sek. nach ihren Wirkungen ohne jeden Widerspruch.

Die Orkane des Nordatlantischen Ozeans in der letzten Woche des Januar und den ersten Wochen des Februar 1899 sind von der Deutschen Seewarte eingehend dargestellt worden[1]).

Die Bahnen der hervorragendsten barometrischen Minima, in deren näherer und weiterer Umgebung die orkanartigen Winde der letzten Tage des Januar und der ersten Februarwochen über dem Nordatlantischen Ozeane sich entwickelten, hatten verschiedene Lagen zu den befahrenern Meeresteilen. Bis etwa zum 6. Februar durchschnitten sie die Schiffswege zwischen Europa und Nordamerika; nach dieser Zeit hielten sie sich mit einer einzigen Ausnahme nördlich davon. Die Vorgänge auf dem Ozeane im ersten Teile dieser Sturmperiode unterscheiden sich daher nicht unwesentlich von denen im zweiten Teile.

Die barometrischen Minima des ersten Teiles dieser Sturmzeit zeigten sich zuerst über dem südöstlichen Teile der Vereinigten Staaten Nordamerikas und wanderten von da der Mitte des Ozeans zwischen Neufundland und dem Englischen Kanal zu. Ihre Bahnen hatten also etwa den gleichen Verlauf.

Gewöhnlich treten solche intensive atmosphärische Erscheinungen nicht plötzlich und unvermittelt auf, sondern haben ihnen ähnliche Vorläufer von geringerer Heftigkeit. So war es auch hier der Fall.

In den Tagen vom 20. bis 24. Januar beschritt bereits ein barometrisches Minimum die beschriebene Bahn über dem Ozeane, wobei es an

---

[1]) Beiheft I zu den Annalen der Hydrographie Heft VII (Juli) 1899.

Tiefe zunahm. Auch in seiner Umgebung entwickelten sich heftige bis zum Sturme gesteigerte Winde, doch nur in einer 300 Seemeilen nicht übersteigenden Entfernung von ihm. Der niedrigste Barometerstand kann dabei nur wenig unter 735 *mm* herabgegangen sein.

Bedeutend ausgedehnter und von höherer Stärke war das wirbelähnliche Windsystem, dessen Mitte am 28. Januar nahe der Nordostküste Floridas sich befand und von da im Bogen gegen ONO zog unter dauernder Vertiefung der Barometerstände bis unter 725 *mm* herab. Orkanartige Böen und eine wilde durcheinanderlaufende See gefährdeten daher die Schiffahrt in der westlichen Hälfte des Nordatlantischen Ozeans bereits vom 28. Januar an.

Am 31. Januar hatte die Heftigkeit der Luftbewegung auf dem Ozeane zwischen den Vereinigten Staaten Nordamerikas und den Westküsten Europas zwar etwas nachgelassen, aber bereits trat über den südöstlichsten der Vereinigten Staaten eine Erscheinung auf, die in gewisser Hinsicht den Ausgangspunkt der schweren Orkane bildete, welche in der ersten Februarwoche auf dem Ozeane wüteten. Bis zum 3. Februar bildete das am 31. Januar über Karolina gelegene barometrische Minimum die Mitte des Windsystems, dem die Orkane angehörten.

Am 31. Januar morgens wies dies Minimum einen Barometerstand von nur wenig unter 759 *mm* auf. Schon am folgenden Morgen war der Luftdruck südlich von Neufundland auf etwa 40° nördl. Br. niedriger als 735 *mm* und am Abende weiter ostwärts bereits unter 715 *mm* herabgegangen. Am 2. Februar morgens sind in etwa 42° westl. L. v. Gr. und 45° nördl. Br. Barometerstände unter 705 *mm* anzunehmen. Auch noch am 3. und 4. Februar überstieg das Minimum des Luftdruckes auf der Mitte des Nordatlantischen Ozeans sicher nicht 710 *mm*. Mit diesen Tagen trat dies Minimum in seiner Bewegung gegen Nordosten aus dem Bereich des Gebietes, für welches zur Zeit die Beobachtungen vorliegen.

Indes erscheint am 4. Februar über dem Golfstrome ein neues Minimum, das das Ohio-Thal in der Richtung von West nach Ost durchzogen hatte. Über seine Tiefe an diesem Tage kann augenblicklich Genaueres nicht festgestellt werden, da die Schiffsbeobachtungen aus dem westlichsten Teile des Ozeans für die erste Februarwoche noch ungemein spärlich eingegangen sind.

Am 5. Februar lag jedenfalls ein Minimum von etwa 730 *mm* in 43° westl. L. v. Gr. wenig nördlich vom 40. Breitengrade. Nordostwärts fortschreitend, nahm es an Tiefe weiter zu, so dass am 6. Februar in seiner Nähe Barometerstände bis zu 706 *mm* herab beobachtet wurden.

Nach diesem kreuzten, wie schon bemerkt, zunächst die hervortretendsten Minima nicht mehr die befahrenern Schiffswege, sondern hielten sich auf dem Ozeane nördlich vom 45. und 50. Breitengrade. Bis zum 8. Februar fanden sich indes an der nördlichen Grenze der Schiffsrouten zwischen 20 und 40° westl. L. v. Gr. noch Barometerstände unter 720 *mm*, am 9. und 10. Februar von etwa 730 *mm*.

Während der oben erwähnte Vorläufer der tiefern Depressionen den Ozean in der Richtung etwa von Westsüdwest nach Ostnordost durchzog, d. i. vom 20. bis 22. Januar, bestand eine nahezu zonale Luftdruckverteilung. Von den Westindischen Inseln aus erstreckte sich eine Hochdruckzone in weitem Bogen bis zu dem südöstlichen Europa, während nördlich davon von den Vereinigten Staaten Nordamerikas bis über Nordeuropa eine Depressionszone sich hinzog. Von den Gebieten in der nähern Umgebung der gegen Nordosten ziehenden Minima abgesehen, herrschte daher über dem Ozeane und dem kontinentalen Europa in diesen Tagen eine westliche Luftströmung.

Dies änderte sich mit dem 23. Januar. Etwa zwischen dem 50. Längengrade westl. v. Gr. und den Westküsten Europas entstand über dem Ozeane ein umfangreicheres Depressionsgebiet und gleichzeitig im Osten davon über dem westlichen Europa ein Hochdruck-

gebiet. Dieses Depressionsgebiet nahm den mittlern und östlichern Teil des Ozeans nach Süden bis über die Breiten der Azoren hinaus ein. Der südliche Teil dieser Depression erhielt sich über der Umgebung der Azoren und den zwischen diesen Inseln und Südwesteuropa gelegenen Meeresgebieten bis etwa zum 10. Februar. Zeitweise, wie am 28. und 29. Januar, bildete er eine Depression für sich, die allseitig von hohem Luftdrucke umschlossen war und ein Minimum des Luftdruckes unter 745 *mm* enthielt.

In den Tagen vom 24. bis 28. Januar hatte sich nämlich von Nordwesteuropa aus der hohe Luftdruck und damit zugleich die östlichen Winde auf der Schiffsroute westwärts über den Ozean bis gegen den 40. Längengrad West v. Gr. ausgedehnt, während westlich von diesem Längengrade die Winde aus westlichen Richtungen im allgemeinen weiter vorherrschten.

Das Auftreten des Minimums an der Nordostküste Floridas am 28. Januar brachte hierin eine Änderung. Über dem nördlichern Teile des Golfstromes setzten an diesem Tage nordöstliche Winde ein. Mit dem Vorrücken dieses Minimums gegen Ostnordost verschob sich auch entsprechend das Gebiet dieser östlichen Winde im Laufe des 29. Januar bis über den 45. Breitengrad hinaus. Das Sturmgebiet dieser Depression betraf den westlichen Teil der Schiffswege zwischen Nordamerika und Europa bis etwa zum 30. Längengrade hin; es reichte jedoch nur über dem westlichen Teile des Ozeans weiter nach Süden, während es über dessen mittlern Gebieten sich nur wenig südlich über den 40. Breitengrad hinaus ausdehnte. Bemerkenswert ist, dass auch bei dieser tiefern Depression, wie es häufig der Fall ist, der mittlere Teil, um den sich die Winde wirbelähnlich anordneten, nicht nur ein Minimum, sondern wenigstens zeitweise deren zwei enthielt.

Vor der gegen Nordosten sich verlagernden Depression wich naturgemäss der hohe Luftdruck vom mittlern Teile des Ozeans gegen Nordosten zurück. Am 30. Januar hatte sich daher diese Depression mit der zwischen den Azoren und Südwesteuropa lagernden, zu einem gemeinsamen Gebiete niedrigen Luftdruckes mit zwei besonders hervortretenden Minima vereinigt. Es bestand so ein breiterer Streifen niedrigen Luftdruckes, der von Neufundland und Labrador aus gegen Nordwestafrika sich erstreckte. Südwestlich von einer Linie, die von der Mündung des Lorenzstromes bis etwa nach Kap Blanco gezogen zu denken ist, war an diesem Tage über dem Ozeane allenthalben der Luftdruck hoch.

Im Laufe des 31. Januar ging über dem Golfstrome der Luftdruck unter 760 *mm* herab. Am 1. Februar bestanden über dem Ozeane und Europa eine Luftdruckverteilung und Windverhältnisse, welche in ihren grossen Zügen denen des 28. Januar gleich waren.

Im westlichen Teile des Ozeans war die Gleichheit der Wetterlage an diesen beiden Tagen fast vollständig. Südlich von Neufundland und Neuschottland und in der Umgebung des 40. Breitengrades lag am 1. Februar ebenso wie am 28. Januar ein Gebiet niedrigsten Luftdruckes mit zwei barometrischen Minima. Nur die Temperaturunterschiede sind in der Umgebung dieser Minima wesentlich grösser als am 28. Januar; sie betrugen am 1. Februar bis zu etwa 4° auf eine Entfernung von 60 Seemeilen. Während südlich vom 40. Breitengrade und östlich vom 60. Längengrade das Thermometer am Morgen des 1. Februar 15° überstieg, war es nördlich vom 40. Breitengrade in der Nähe der nordamerikanischen Küste auch auf See erheblich unter ÷ 10° herabgegangen.

Östlich vom 45. Längengrade ist das Gesamtbild der Isobaren am 1. Februar zwar ebenfalls dem vom 28. Januar ähnlich, indes war die wirkliche Höhe des Luftdruckes daselbst vielfach niedriger. So bestand am 1. Februar weder über den Britischen Inseln, noch über den Meeresteilen westlich von ihnen hoher Luftdruck wie am 28. Januar, sondern das Barometer war daselbst nur wenig höher als 750 *mm*.

Indem also die Depression vom Golfstrome aus weiter ostnordostwärts vorrückte in ein Gebiet mit niedrigerem Luftdrucke, als er am 28. Januar in diesen Gegenden bestand, nahm sie auch grössere Tiefe an, als ihr Vorläufer nach diesem Tage. Bereits am Abende des 1. Februar ging im Innern der Depression das Barometer unter 720 *mm* herab. Das Sturmgebiet erstreckte sich an diesem Abende etwa vom 35. bis zum 65. Längengrade und reichte nach Süden bis gegen den 30. Breitengrad hinab. Mit der Depression verschob sich auch das Sturmgebiet langsam ostwärts, bis es am 3. Februar abends den Ozean zwischen dem 20. und 50. Längengrade und nördlich vom 30. Breitengrade einnahm.

Am heftigsten wütete in diesen Tagen der Sturm mit lang anhaltenden orkanartigen Böen nördlich vom 37. Breitengrade auf der Süd- und auf der Westseite des barometrischen Minimums, also aus westlicher und nordwestlicher Richtung. Daselbst stand zugleich eine hohe nordwestliche Dünung, die nach Süden in das Passatgebiet bis gegen 10° nördl. Br. hin sich bemerkbar machte. Das häufige Anwachsen des ohnehin schon harten Sturmes zu Orkanstärke unter Schwanken der Richtung erzeugte dazu eine gewaltig hohe und wild durcheinanderlaufende See, die die Navigation aufs äusserste gefährdete.

Auch am 4. Februar dauerte der Sturm zwischen dem 20. und 50. Längengrade auf dem Ozeane an, jedoch mit etwas geringerer Heftigkeit als an den vorangehenden Tagen.

Das tiefe Depressionsgebiet erhielt sich nämlich an diesem Tage über dem Teile des Nordatlantischen Ozeans, welcher nördlich vom 30. Breitengrade und zwischen der geographischen Länge Neufundlands und den Westküsten Europas liegt, und der befahrenere Teil dieses Gebietes wurde von der südlichen Hälfte eines wirbelähnlichen Windsystems eingenommen, dessen Mitte etwa in 30° westl. L. v. Gr. und 52° nördl. Br. anzunehmen sein dürfte.

Wenn man das eben Gesagte zusammenfasst, so hat sich also diese Depression bereits weiter westlich in der Umgebung eines von Westen kommenden Minimums entwickelt und war mit diesem gegen Osten hin vorgerückt, so dass das Sturmgebiet zuerst den westlichen Teil des Ozeans erfasste und später sich erst über dessen mittlere Gebiete verbreitete.

Im Gegensatze dazu trat im Laufe des 4. Februar von Westen her in das grosse Depressions- und Sturmgebiet über der Mitte des Ozeans eine wenig umfangreiche Depression ein, die mit geringer Tiefe und daher auch nur schwach entwickeltem Windsysteme den Golfstrom von Westen her überschritten hatte. So bestanden am 5. Februar morgens über dem Ozeane zwei Windsysteme: ein allgemeineres, das um einen etwas nördlich von 50° nördl. Br. und in etwa 35° westl. L. v. Gr. gelegenen Mittelpunkt sich anordnete und innerhalb desselben, auf engem Raume beschränkt, ein besonderes, welches das in 41° nördl. Br. und 43° westl. L. v. Gr. gelegene Minimum umgab. Nordöstlich von diesem Minimum, also zwischen demselben und dem Minimum nördlich vom 50. Breitengrade, waren die Luftdruckunterschiede naturgemäss geringer und dementsprechend die Luftbewegung schwach, während auf seiner Südwestseite die Isobaren sich enger zusammendrängten, und der Sturm mit erneuter Heftigkeit auftrat.

Indem das Minimum sich der Mitte der grossen Depression weiter näherte, nahm es an Tiefe zu; die beiden Windsysteme waren nicht mehr voneinander zu trennen, und die Intensität des Sturmes steigerte sich im ganzen Depressionsgebiete. Bereits am 5. Februar abends tobte wiederum nördlich vom 30. Breitengrade und zwischen dem 50. und 20. Längengrade ein orkanartiger Sturm mit gewaltig hoher und durcheinanderlaufender See, und die nordwestliche Dünung verbreitete sich von der Südwestseite der Depression aus ebenfalls bis in die tropischen Meeresgebiete.

Man wird sich bei der Betrachtung dieser Vorgänge kaum des Eindruckes entziehen können, dass diese ganze Entwickelung durch das zeitweilige Zusammentreffen zweier Einzelerscheinungen hervorgerufen wurde, wie es auch schon bei den Vorgängen am 1. und 2. Februar den Anschein hatte. Diese Anschauung kann durch die Thatsache nur noch bestärkt werden, dass gleichzeitig mit der weitern Vertiefung der Barometerstände auf dem Ozeane über Mitteleuropa ein Hochdruckgebiet sich bildete, welches also dem Depressionsgebiete entsprach und, wie dieses, der Summation zweier gleicher Teile verschiedener Erscheinungen seine Entstehung verdanken dürfte.

Die tiefsten Barometerstände traten in dieser Zeit auf dem Ozeane denn auch am 6. Februar auf, als das von Südwesten vorrückende Minimum mit dem der grossen, weniger veränderlichen Depression nördlich vom 50. Breitengrade zusammenfiel. An diesem Tage wüteten anhaltend orkanartige Böen besonders auf dem ganzen Gebiete zwischen dem 20. und 40. Längengrade und nach Süden bis gegen den 35. Breitengrad.

Auch an dem folgenden Tage besserte sich das Wetter über diesem Meeresteile im allgemeinen nur wenig; es breitete sich das Sturmgebiet sogar noch weiter ostwärts gegen die Westküsten Europas hin aus. Nur die schweren Böen liessen zunächst an Heftigkeit nach. Die Winde waren am 7. Februar im Sturmgebiete an Richtung weniger verschieden; sie wehten durchweg aus westlichen Richtungen, da sie sich wiederum um einen nördlich vom 50. Breitengrade und etwas westlich vom 30. Längengrade liegenden Mittelpunkt anordneten.

Im Laufe des 8. Februar sank jedoch in der Umgebung der Azoren das Barometer erheblich bis gegen 730 *mm*, so dass zwischen diesen Inseln und dem unter den gleichen Längen in der Gegend des 50. Breitengrades liegenden Minimum der Luftdruck gleichmässiger und die Luftbewegung entsprechend schwächer wurde. Dagegen stieg das Barometer westlich vom 35. Längengrade ebenfalls bedeutend; daher nahmen die Winde westlich von den Azoren nördlichere Richtungen an, und die Heftigkeit des Sturmes wuchs daselbst wieder, und zwar in einem Gebiete, welches über den 40. Längengrad etwas gegen Westen hinausging.

Mit dem 9. Februar war die grösste Höhe der schweren Unwetter auf den befahrenern Teilen des Nordatlantischen Ozeans überschritten. Noch lange Zeit herrschten auf den Schiffsrouten zwar vielfach Stürme, dieselben unterschieden sich in ihrem Wesen aber nicht besonders von den gewöhnlichen Winterstürmen auf dem Nordatlantischen Ozeane. Die Luftdruckverteilung gestaltete sich auf dem Meere und über Westeuropa wieder annähernd zonal, während über dem nordamerikanischen und dem europäisch-asiatischen Kontinente hoher Luftdruck lagerte. Die barometrischen Minima beschritten fast durchweg Bahnen, die nördlich von der Schiffahrtsstrasse zwischen Europa und Nordamerika verliefen oder über dem westlichsten Teile des Ozeans dem Golfstrome folgten.

Ausser den Stürmen auf dem Golfstrome gehörten die Stürme also einer starken zonalen Luftströmung auf der Südseite einer Depression an. Sie erstreckten sich daher in gleicher Richtung fast über den ganzen Ozean, und nur einige besonders tiefe Minima, die in der Nähe des 50. Breitengrades ostwärts zogen, beeinflussten auf bestimmten Gebieten die Windrichtungen erheblicher und erhöhten den Sturm besonders über dem östlichern Teile des Nordatlantischen Ozeans. Dies war am 10. und 11. Februar, und in verstärktem Masse am 12. Februar der Fall, an welchem Tage nördlich vom 45. Breitengrade über dem östlichen Teile des Nordatlantischen Ozeans das Barometer unter 735 *mm* sank, während in gewisser Wechselwirkung damit über dessen südwestlicher Hälfte der Luftdruck 770 *mm* überstieg. Erst im Laufe des 13. Februar liess der Sturm über diesen Meeresteilen langsam an Heftigkeit nach.

Über dem nördlichen Teile des Golfstromes südlich von Neuschottland und Neufundland traten am 13. und 14. Februar in der nähern Um-

gebung eines ostnordostwärts fortschreitenden tiefern barometrischen Minimums (etwa 730 *mm*) ebenfalls nochmals orkanartige Winde auf.

Von den sonstigen Witterungserscheinungen, die die Orkane begleiteten, ist das vielfache Auftreten von Gewittererscheinungen, sowie von heftigen Regen-, Schnee- und Hagelböen zu erwähnen, wie es der Lebhaftigkeit der Luftbewegungen entspricht.

In Bezug auf die Wärmeverhältnisse über dem Ozeane ist aus den bisherigen Zusammenstellungen nicht viel zu bemerken. Die Isothermen zeigten bei den ausgeprägtern cyklonoidalen Depressionserscheinungen, wie gewöhnlich, die ∽ Form, derart, dass auf der östlichen Seite der Depression die höhern, auf der westlichen die niedrigern Temperaturen sich vorfanden. Besonders stark waren diese Temperaturunterschiede auf dem westlichern Teile des Nordatlantischen Ozeans. Auf der Rückseite und auf der Nordseite der barometrischen Minima traten in diesen Meeresteilen zeitweise sehr niedrige Temperaturen, unter dem Gefrierpunkte, auf.

Die Luft- und zuweilen auch die Wasserwärme sank daher an Bord einzelner Schiffe erheblich, sobald sie aus einer östlichen Lage in eine westliche zu einem barometrischen Minimum übergingen. Sie stiegen dagegen stark, wenn das Schiff in den östlichen Teil einer von Westen heranziehenden Depression gelangte, nachdem es vorher in dem Bereiche eines Windsystems sich befunden hatte, das ein ostwärts vom Schiffsorte gelegenes Minimum umgab.

Bei mehr zonaler Druckverteilung war auch die Temperaturverteilung nahezu zonal. Die Isothermen schlossen sich in der Hauptsache den Windrichtungen an.

Die Orkane der Antillen sind Gegenstand langjähriger Studien von Benito Viñes, dem 1893 verstorbenen Direktor des meteorologischen Observatoriums in Habana gewesen. Die Hauptresultate seiner Forschung, die in einem spanisch geschriebenen Werke desselben niedergelegt sind, blieben in Deutschland fast ganz unbekannt. Dr. P. Bergholz hat diese Schrift nun übersetzt und bearbeitet [1]). Folgendes ist der Hauptinhalt dieser Arbeit:

B e w e g u n g e n d e r A t m o s p h ä r e i n d e n C y k l o n e n. 1. An der Oberfläche der Erde. Auf der nördlichen Halbkugel weht der Wind so, dass, wenn wir demselben den Rücken kehren, die linke, etwas nach vorn erhobene Hand das Gebiet niedern, und die rechte, etwas nach rückwärts erhobene Hand das Gebiet hohen Luftdruckes anzeigt. Für die südliche Hemisphäre sind rechts und links miteinander zu vertauschen. Dabei hängt die Grösse des Winkels, den die Windrichtung mit der Isobare des betreffenden Ortes bildet, von der geographischen Breite, der Grösse der Reibung und dem Beschleunigungs- oder Verzögerungszustande der Luftbewegung ab. Unter gleichen Umständen ist die Windstärke um so grösser, je grösser die am Orte wirksamen, in gleicher Weise gemessenen Druckunterschiede (Gradienten) sind.

In einer Cyklone bildet daher die Luftbewegung einen mächtigen Wirbel um einen zentralen Teil, das Zentrum, herum. Die Wirbelbewegung vollzieht sich auf derselben Halbkugel stets in demselben Sinne, und zwar auf unserer nördlichen Halbkugel immer von rechts nach links, von O über N und W nach S, oder entgegengesetzt der Bewegung der Zeiger einer Uhr; auf der südlichen Halbkugel gestaltet sich die Bewegung im Sinne der Bewegung der Uhrzeiger.

2. In den verschiedenen Höhen. In den Cyklonen der Antillen gestaltet sich die Bewegung der in ihnen zur Geltung kommenden Elemente in den verschiedenen Höhen derart, dass die untern Strömungen mehr

---

[1]) Marine-Rundschau 1898.

oder weniger gegen das Zentrum geneigt sind, während in einer gewissen Höhe eine mehr oder weniger kreisförmige Bewegung und in noch höhern Schichten eine Divergenz gegen das Zentrum eintritt. Diese Divergenz geht in vielen Fällen so weit, dass die Strömung in den obersten Schichten des Wirbels gradezu radial vor sich geht.

Ist das Zentrum der Cyklone im S, so weht der Wind aus ONO, die untern Wolken haben die Zugrichtung O, die Alto-Cumulus OSO, die Alto-Stratus SO, die Cirro-Cumulus SSO und die Cirrus S.

Das Gesetz wird bei den schön ausgebildeten Orkanzentren der Antillen stets zu beobachten sein, wenn es auch bei Cyklonen geringerer Intensität weniger vollkommen zum Ausdrucke gelangt, Verf. stellt es daher als das Fundamentalgesetz für die Orkane auf. In der Konvergenz und Divergenz der Strömungen werden sich in den verschiedenen Höhen Abweichungen zeigen können in den verschiedenen Cyklonen, auf den verschiedenen Seiten derselben Cyklone und in den verschiedenen geographischen Lagen, welche die Cyklone einnimmt. Die Konvergenz und Divergenz der Strömungen in den Cyklonen werden sich verändern, je nachdem sie einen grössern oder kleinern Durchmesser, eine grössere oder geringere Höhe, grössere oder geringere Intensität oder eine mehr oder weniger vollkommene Ausbildung hat. Ferner wird sich ein Unterschied zwischen der Vorder- und Rückseite zeigen, und endlich muss die Lage der Cyklone, ob sich die Cyklone noch im Tropengürtel oder ausserhalb desselben befindet, von Einfluss sein.

3. Vorderseite der Cyklone. An der Vorderseite des Wirbels oder der Seite der nördlichen Winde, zu denen die Windrichtungen zwischen O, N und W zählen, sind die cyklonalen Bewegungen folgenden Gesetzen unterworfen:

a) Wind. Die Windrichtungen sind im allgemeinen konvergent gegen die Richtung, in der das Zentrum liegt. Wenn der Beobachter dem Winde den Rücken kehrt, so macht die Windrichtung mit der Richtung, in der zu seiner linken Hand das Zentrum liegt, einen Winkel, der grösser ist als ein rechter oder 8 Strich. Die Grösse des Winkels schwankt zwischen den Extremen 8 und 12 Strich, nimmt man daher den Mittelwert 10 Strich an, so wird man annähernd die Lage des Zentrums bestimmen können. Haben wir z. B NO-Wind beobachtet, so liegt das Zentrum ungefähr in SSO.

Bei der Bestimmung der Lage des Zentrums muss auf folgendes besonders geachtet werden, wenn nicht unangenehme Täuschungen eintreten sollen:

1. Wenn das Zentrum fern, ist und die cyklonalen Winde sich noch nicht recht entwickelt haben, pflegt ihre Konvergenz grösser zu sein; sie sind dann vielfachen Unregelmässigkeiten und lokalen Einflüssen unterworfen.

2. In den Böen zeigt die Windfahne gewöhnlich ein Ausschiessen um mehrere Strich nach rechts.

3. In dem Masse wie die Stärke des Windes mit der Nähe des Zentrums wächst, werden die Windrichtungen weniger konvergent. Dies ist der in diesem Teile des Wirbels sich besonders Geltung verschaffenden Zentrifugalkraft zuzuschreiben und vielleicht auch dem Einfluss der Böen, die sich hier unaufhörlich Geltung verschaffen.

4. Auf der Insel Cuba zeigen die cyklonalen N- und NNO-Winde kaum eine Konvergenz.

5. Wenn der Passat den cyklonalen Wind verstärkt, so modifiziert er gleichzeitig seine Konvergenz, und zwar hebt er sie oft ganz, auf oder aber er vermehrt sie, und zwar zuweilen dergestalt, dass bei NO-Wind das Zentrum in S liegen kann.

b) Untere Wolken. Die untern Wolken haben eine Bewegungsrichtung, die nahezu zu der Richtung, in der das Zentrum liegt, senkrecht steht. Der Wolkenzug ist viel regelmässiger als die Windrichtung und

giebt deshalb für die Auffindung des Zentrums einen sichern Anhalt. Unter untern Wolken versteht Verf. schwere Cumulus von dunkler Farbe, Strato-Cumulus und Fracto-Nimbus, Wolkenformen, die sich im Innern des Wirbels mit grosser Geschwindigkeit bewegen. Die früher erscheinenden Fracto-Cumulus sind höher und weniger dicht, sie pflegen schon Divergenz zu zeigen.

c) Mittelhohe Wolken. Die Alto-Cumulus, Cirro-Stratus und Cirrus entströmen dem Zentrum divergent, ihre Divergenz ist um so grösser, je höher die Wolkenform ist. Den kleinern Winkel beschreibt deshalb der Cirro-Cumulus und den grössern der Alto-Cumulus, zwischen beiden liegt der Winkel des Alto-Stratus.

Es muss bemerkt werden, dass die Richtungsunterschiede, welche die einzelnen Formen unter sich und mit der Lage des Zentrums bilden, weit davon entfernt sind, konstant zu sein. Es hängt die Trennung der einzelnen Schichten und die Regelmässigkeit ihrer Verteilung von dem Grade der Entwickelung des Sturmfeldes, der grössern oder geringern Höhe und der Aktivität des Wirbels ab. Es wird deshalb in einer voll entwickelten Cyklone grosser Intensität, auch die grösste Regelmässigkeit in der Verteilung der Schichten und der Grösse der betreffenden Winkel herrschen. Hier zeigen die Winkel ungefähr folgende Grössenverhältnisse: Der Richtungsunterschied zwischen der Zugrichtung des Alto-Cumulus und der Richtung, in der das Zentrum liegt, beträgt 6 Strich, bei dem Alto-Stratus 4 Strich und bei dem Cirro-Cumulus 2 Strich.

d) Obere Wolken. Die von allen Wolkenformen höchsten zarten Cirrus zeigen die vollständigste Divergenz, sie entströmen dem Zentrum radial, bilden also mit diesem einen Winkel von 0^{0} oder einen für die Praxis nicht abschätzbaren Winkel.

Der Zug der Cirrus-Wolken ist am regelmässigsten, er beschreibt mit dem der niedern Wolken einen rechten Winkel.

Nach dem Gesagten zeigen in einer Cyklone die Cirrus und die untern Wolken die grösste Regelmässigkeit. Der Cirrus-Zug wird daher von grösstem Nutzen sein, um ein noch weit entferntes Zentrum seiner Lage nach festzustellen, im Innern des Sturmfeldes aber wird dem Beobachter die Zugrichtung der untern Wolken den besten Anhaltspunkt geben. Hat man die Gelegenheit zur Beobachtung des Cirrus-Zuges nicht gehabt, so wird man auf den Zug des Cirro-Cumulus und des Alto-Stratus zurückgreifen und erst zuletzt mit der Windrichtung oder der Zugrichtung des Alto-Cumulus rechnen und sich vergegenwärtigen, dass sich aus diesen Elementen ein sicherer Schluss auf die Lage des Zentrums nicht machen lässt. In einer gut entwickelten und intensiven Cyklone, deren Zentrum sich in SSO befindet, ziehen die Cirrus aus SSO, die Cirrus-Cumulus aus SO, die Alto-Stratus aus OSO, die Alto-Cumulus aus O, die niedrigen Wolken aus ONO, und der Wind ist NO.

4. Rückseite der Cyklone. An der Rückseite der Cyklone, der Region der Südwinde, unter die die Richtungen zwischen OSO, S und WSW zu zählen sind, beobachtet man, dass alle in cyklonaler Bewegung begriffenen Elemente mit der Richtung, in der das Zentrum liegt, im allgemeinen grössere Winkel beschreiben, als dies an der Vorderseite der Fall ist, jedoch zeigen die Elemente der untern Schichten meist eine grössere Konvergenz, die obern aber eine geringere Divergenz.

In einer Cyklone, deren Zentrum sich im NW des Beobachters befindet, ist der Wind SSO oder S, die untern Wolken kommen aus S oder SSW, die Alto-Cumulus aus SW, die Alto-Stratus aus WSW, die Cirro-Cumulus aus W und die Cirrus aus WNW.

5. Die Cyklone in mittlern Breiten. In dem Masse, wie sich die Cyklone von der Tropenzone entfernt und sich in eine Cyklone mittlerer Breite verwandelt, verlieren die cyklonalen Elemente ihre Regelmässigkeit, wenngleich sich durchgängig mit der Höhe die Abweichung der Richtung der Elemente von der Richtung des Zentrums erhält. So zeigt zuweilen

der Cirrus in den Staaten am Golf von Mexiko ein ganz abweichendes Verhalten. Hat das Zentrum der Cyklone z. B. seine Lage im NW oder NNW, so kann es vorkommen, dass der Cirrus plötzlich aus NO kommt. In diesem Falle glaubt Verf., dass die Cirrus-Richtung sich als eine Komponente der obern Luftströmung der Cyklone und des herrschenden Windes, der in dieser Jahreszeit östliche Richtung hat, darstellt.

Als Wirkungen der cyklonalen Thätigkeit will Verf. noch einige allgemeine Phänome aufzählen, die in der Praxis wirksame Hilfe für die Entdeckung der Cyklone, die Lage des Zentrums, den Durchmesser und die Intensität u. s. w. sein können. Solche Erscheinungen sind: Cirrus-Schleier, Form und Konvergenz der Cirrus und Alto-Cumulus, die Wolkenbank des Orkans, Höfe um Sonne und Mond und selbst um Sterne erster Grösse, Färbung des Himmels beim Aufgange und Untergange der Sonne — feuriges, dunkles Rot und Violett — u. s. w. Er verweist auf die »Apuntes relativos á los Huracanes de las Antillas«, in denen diese Erscheinungen eine ausführliche Besprechung erfahren haben.

B a h n e n u n d Z o n e n d e r O r k a n e. 1. Gestalt der Bahn. Von ihrem Ursprungsorte bewegt sich die Cyklone zunächst in westlicher Richtung, wendet sich allmählich nordwärts und biegt dann nach NO oder ONO um. Die ganze Bahn stellt daher eine Art Parabel dar, deren Scheitelpunkt nach W liegt, und deren Äste nach östlicher Richtung zeigen. Die Achse der Parabel ist demnach nach O gerichtet mit einer mehr oder weniger ausgeprägten Neigung nach NO.

Zu Anfang der Orkanzeit, Ende Mai oder Anfang Juni, schlagen die Cyklonen einen Weg durch sehr niedrige Breiten ein, sie biegen daher schon 6—8° südlich des Wendekreises um, und in dem Masse, wie die Orkanzeit vorrückt, rücken auch die Scheitelpunkte der Bahnen schnell vorwärts, so dass sie in der zweiten Dekade des Juni schon den Wendekreis erreichen und Ende Juni bereits 2—3° über den Wendekreis hinaus sind. Von nun an rücken die Scheitelpunkte nur noch langsam nach N vor, weil sie sich schon dem Maximum der Breite, das sie erreichen können, nähern, im ganzen Monate Juli gewinnen sie nur 2—3°. Endlich zwischen dem 15. und 25. August erreichen die Scheitelpunkte zwischen 30 und 33° ihre höchste Breite. Nach dem Erreichen des Maximums der Breite wandern die Scheitelpunkte, in derselben Weise wie sie das Maximum erreicht haben, zurück. Die Lage der Scheitelpunkte des September kommt denen des Juli gleich, und die des Oktober denen des Juni, so dass die erste Dekade des Oktober der dritten Dekade des Juni u. s. w. entspricht.

Zeitpunkte des Umbiegens der Cyklone:	Breite des Scheitelpunktes:
August	29—33°
Juli und September	27—29°
Juni dritte Dekade, Oktober erste Dekade .	23—26°
Juni zweite Dekade, Oktober zweite Dekade	20—23°
Juni erste Dekade, Oktober dritte Dekade .	16—20°

Die jährliche Oszillation in der Breite beträgt daher für die Scheitelpunkte der Sturmbahnen ungefähr 18°. Diese Schwingung vollzieht sich kontinuierlich regelmässig und symmetrisch, so dass sie durch eine regelmässige, symmetrische und stetige Kurve dargestellt werden kann. Daraus folgt, dass, abgesehen von den Endwerten, Mittelwerte in der Tabelle angegeben sind, also Werte, welche sich auf die Mitte der betreffenden Zeiten beziehen. Würde man daher für den 31. August den Scheitelpunkt der Bahn in 29—33° annehmen, während man für den 1. September 27—29° annähme, so würde dies dem Sinne der Tabelle nicht entsprechen.

2. Rückbiegung. a) Nutzen des Gesetzes für die Theorie. Das gesetzmässige Zurückbiegen der Cyklone hat augenscheinlich innige Beziehungen zu der Deklination der Sonne und zu den verschiedenen Lagen, welche je nach der Jahreszeit, die äquatorialen Stillen- und Regengürtel, die Passat-

region und die Zone der Anticyklone des Atlantischen Ozeans einnehmen. Ferner steht es in Beziehung zu dem Wechsel der Richtung, den die obere allgemeine Luftströmung in dem Tropengürtel erleidet. In der That kommt der obere Luftstrom, wenn man von der Zeit der Orkane absieht, während des ganzen Jahres in Habana aus westlicher Richtung. In der ersten Hälfte des Juni und der ganzen zweiten Hälfte des Oktober aber hat der Cirrus-Zug eine südliche und südwestliche Richtung, eine Richtung, aus der in jenem Abschnitte des Jahres die Cyklone kommen. Von Ende Juni bis Anfang Oktober hat die obere Luftströmung eine östliche Richtung, und dies ist der einzige Zeitabschnitt des Jahres, in dem die Cirrus-Wolken von dieser Seite her kommen. Diese Thatsache ist, in Verbindung mit den Zugstrassen, sehr bezeichnend, weil gerade in dieser Jahreszeit, wenn irgend ein Sturmzentrum in Habana landen will, er notwendig von Osten kommen muss; da aber die Biegung der Cyklone im Norden des Wendekreises liegt, so muss notwendig der erste Ast der Bahn die Insel kreuzen.

Im ganzen übrigen Jahre kommen die Cyklonen, welche Habana oder die Gegenden um Habana passieren, mehr oder weniger aus Westen und keine von Osten. Die Cyklonen müssen daher auf ihren Zugstrassen durch die obern Luftströmungen vorwärts getrieben werden.

Das Gesetz über die Rückbiegung der Cyklonen steht weiter in Beziehung zu der grössern und kleinern cyklonalen Aktivität in den Meeren der Antillen in den verschiedenen Monaten.

Das Maximum und Minimum der Breite, welche die Scheitelpunkte der Bahnen erreichen, entspricht einem Maximum und Minimum cyklonaler Thätigkeit. In der zweiten Hälfte des August sind die Orkane im allgemeinen am zahlreichsten und heftigsten. Ihre Fortbewegung auf den Zugstrassen ist am schnellsten, ihr Scheitelpunkt erreicht die grösste Breite, und ihre parabolische Bahn ist am gestrecktesten. Wenn die herrschenden Winde die Cyklonen in ihrer Bahn fortbewegen, so entspricht dies der Beobachtung, dass sie in jener Jahreszeit auch ein Maximum der Aktivität erreichen und in höhere Breiten hineinreichen. Die letzte Hälfte des August und der Anfang des September ist auch die Zeit der gleichzeitigen oder Zwillingscyklonen; von solchen befanden sich im Jahre 1886 in der letzten Dekade des August gleichzeitig vier Cyklonen in der Nähe von Habana, eine auf der Insel im OSO, eine andere im NO und zwei im Golfe von Mexiko. Ausser dieser Zeit kommen Zwillingscyklonen um Habana herum nur selten vor, es wurden im ganzen beobachtet eine im September und zwei andere im Oktober.

Im Juli und September sind die Cyklonen im allgemeinen weniger zahlreich und weniger intensiv, sie durchlaufen ihre parabolische Bahn, die mehr geschlossen, also stärker gekrümmt ist, mit geringerer Geschwindigkeit.

Endlich im Juni werden so wenig Cyklonen beobachtet, dass sie kaum hinreichen, das Gesetz festzustellen. Etwas zahlreicher, aber doch sparsam, sind sie im Oktober; einige davon sind ziemlich intensiv, sie durchlaufen den ersten Ast ihrer Bahn und die Biegung mit geringer Geschwindigkeit.

b) Wert des Gesetzes für die Praxis. Dieses Gesetz giebt mit grosser Wahrscheinlichkeit und hinreichender Näherung in der einfachsten Weise die Breiten der Biegungen (Scheitelpunkte) der Cyklonen als eine Funktion der Zeiten, und wenn sich mit diesem Gesetze einige Kenntnis des folgenden Gesetzes vereint, das über die normale Richtung der Zugstrassen in den verschiedenen Monaten und Breiten handelt, und das innig mit dem Gesetze der Rückbiegung verknüpft ist, so wird ein Seemann in ihnen eine wirksame Hilfe für seine zu treffenden Manöver und ein Beobachter einen festen Anhaltspunkt für seine Studien und Prognosen haben.

In dem Augenblicke, in dem ein Beobachter oder ein Seemann die Nähe einer Cyklone erkennen, werden sie dadurch, dass sie annähernd die Lage des Wirbels bestimmen und den Zeitpunkt in Rücksicht ziehen, mit grosser Treffwahrscheinlichkeit wissen, ob die Cyklone sehr nahe oder sehr

fern von dem Scheitelpunkte ihrer Bahn ist. Da sie ferner die normale Zugstrasse in jener Zeit und jener Breite kennen, so werden sie urteilen können, ob sie sich in der Zugstrasse der Cyklone selbst befinden oder rechts oder links von ihr.

c) Einfluss der geographischen Länge auf die Rückbiegung. Die Länge, für sich und unabhängig von jeder andern Ursache betrachtet, hat der Meinung des Verf. nach keinen Einfluss auf das Zurückbiegen der Orkane der Antillen. Von den August-Orkanen biegen einige im N von St. Domingo, andere im N der Bahama-Insel, andere im Golfe von Charleston und andere endlich in Louisiana und der Küste von Texas zurück. Die Zentra der Orkane des September haben ihre Biegungen im NO von Cuba, in Florida, im W von Florida und in den Gegenden um die Küsten von Texas. Von den Orkanen des Oktober ist einer bekannt, der im NO von Portorico zurückbog; der »der grosse Orkan« benannte Orkan vom 12.—18. Oktober 1870 bog in der Nähe des Wendekreises im N von St. Domingo um, und wieder andere bogen im S oder im westlichen Teile der Insel Cuba oder aber im östlichen Teile des Golfes von Mexiko zurück.

d) Einfluss der Konfiguration der Meere und der Kontinente auf die Rückbiegung. Die Lage der Meere und Kontinente scheint auf die Zurückbiegung der Cyklonen von Einfluss zu sein, weil sich leicht beobachten lässt, dass ein grosser Teil der August-Cyklonen im Golfe von Charleston zurückbiegt, ohne in den Kontinent einzudringen, und viele Cyklonen des Juli und September an der Küste von Texas umbiegen. Es mag noch bemerkt werden, dass die ältern Autoren annahmen, dass die Stürme in ungefähr 30° zurückbiegen. Diese Annahme ist von der Wahrheit nicht weit entfernt, biegen doch die August-Cyklonen in 29—33° zurück, und diese stellen nicht nur die grösste Zahl der Cyklonen dar, sie entsprechen auch dem Maximum cyklonaler Aktivität. Die Cyklonen des Juni und Oktober sind verhältnismässig klein an Zahl, und die Alten haben sie gewiss als Anomalien des für die Stürme allgemein gültigen Gesetzes aufgefasst.

3. Normale Richtung der Orkanbahnen. Der Kürze wegen hat Verf. das Gesetz, welches die Beziehungen zwischen Zeit, Breite und normaler Richtung der Orkanbahn zum Ausdrucke bringt, in einer Tabelle dargestellt. Für den Gebrauch der Tabelle mögen folgende Erläuterungen hier Platz finden:

„Die Ziffern geben die Breite an, in der sich das Zentrum befindet, die Überschrift der einzelnen Spalten giebt die normale Zugrichtung in der betreffenden Zeit und Breite. — Z. B.: In der ersten Zeile steht der Monat August und in der ersten Spalte die Zahl 10, die Überschrift der ersten Spalte ist W; dies bedeutet: Wenn sich ein Sturmzentrum im August in 10° nördl. Br. befindet, so ist seine normale Bahn W.

In derselben Zeile befinden sich in der zweiten Spalte die Zahlen 15 bis 20, die Überschrift dieser Spalte ist WNW, dies heisst: Wenn sich eine Cyklone im August in 15—20° Breite befindet, so ist ihre normale Bahn WNW. Endlich stehen noch einzelne Zahlen gerade in den Linien, welche die Spalten voneinander trennen; wir geben noch ein Beispiel, um auch den Gebrauch dieser Zahlen klarzulegen. In der Zeile für den August steht in der Linie zwischen Spalte 1 und 2 die Zahl 15; dies will sagen: Wenn im August sich ein Sturmzentrum in 15° Breite befindet, so ist seine normale Bahn zwischen W und WNW oder WzN. Nun muss man zugestehen, dass das in der Tabelle dargestellte Gesetz, so innig seine Beziehung zu dem Gesetze der Rückbiegung auch sein mag, und so gross sein Nutzen für die Praxis ist, doch nur Näherungswerte giebt; eine exaktere Fassung war bisher nicht erreichbar. Dies hindert nicht, dass es in vielen Fällen eine grosse Wahrscheinlichkeit ermöglicht, wie Verf. dies schon an Beispielen zeigte.

Normale Richtung der Orkanbahnen zu den verschiedenen Zeiten und in den verschiedenen Breiten.

Datum	Richtung								
	W	WNW	NW	NNW	N	NNO	NO	ONO	
August nördl. Br.	10 15	15—20 20—25	25—27	28	29 - 33	34	35—40	—	Breite des Zentrums
Juli . . . . . . September . . .	10 15	15—24	25	26	27—29	30	32 33—35	35—40	
Juni 3. Dekade . Okt. 1. „ .	10 15	15—20	21	22	23—26	27 28	29 30	31—40	
Juni 2. „ . Okt. 2. „ .	10	12—14	15—16	17 18—19	20—23	24 25	26—30	—	
Juni 1. „ .	?	?	?	?	?	?	?	?	
Okt. 3. „ .	10 12	13	13—14	15	16—20	22 23	24—30	—	

Die Schwierigkeit, dies Gesetz in eine exaktere Form zu bringen, entspringt aus der Art und Weise, wie das Gesetz der Rückbiegung festgelegt werden konnte. In diesem zweiten Gesetze konnten wir die Rückbiegung in den verschiedenen Monaten und Dekaden nur auf 3 und 5° genau angeben. So schwankt z. B. im August die Breite, in der ein Zentrum umbiegt, zwischen 29 und 33°, es ist daher klar, dass die normale Zugstrasse in der Nähe des Scheitelpunktes der Parabel bei einem Orkane, der in 29° umbiegt, eine andere sein muss als bei einem zweiten, dessen Rückbiegung in 33° vor sich geht.

Die normalen Richtungen der Orkanbahnen, welche sich für die verschiedenen Monate und Breiten ergeben, haben eine grosse Wahrscheinlichkeit für sich, so lange der Orkan die Richtung W, WNW und NW innehält, er sich also in den Breiten befindet, welche in den drei ersten Spalten der Tabelle stehen; wenn er aber die Richtungen NNW, N und NNO einschlägt, und er daher seiner Rückbiegung nahe ist, so kann die Richtung der Zugstrasse nach dem soeben Gesagten bemerkenswerte Abweichungen zeigen.

Nach dem Gesetze der normalen Richtungen der Orkanbahnen müssen die Bahnen des August Parabeln mit steilen Ästen darstellen, während die parabolischen Bahnen des Juli und des September und die der dritten Dekade des Juni und der ersten Dekade des Oktober schärfere Biegungen und daher weniger steile Äste haben, das hindert aber nicht, dass der zweite Ast der normalen Richtung folgt, wie das häufig vorkommt; in einem solchen Falle ist die Achse der Parabel nach NOzO oder nach ONO gerichtet.

4. Orkanzonen. Die beiden vorigen Gesetze sind von einer solchen Allgemeinheit, dass man sie anwendet, wie wir gesehen haben, zur Bestimmung der mehr oder weniger im O oder W gelegenen Zugstrassen. Nichts sagte Verf. bisher über die allgemeinen Wege, denen die Cyklonen thatsächlich folgen, oder von den geographischen Zonen, welche die allgemeinen Lagen der Zugstrassen in den verschiedenen Monaten in dem mit grossem Rechte von Everett Hayden »Nordamerikanische Bucht« genannten Meeresabschnitte begrenzen. Aus den beiden Gesetzen folgt, dass jede August-Cyklone durch 27° Breite hindurchgeht, aber es ist nicht gesagt, dass eine von diesen Cyklonen Habana durchquert habe, das doch in 23° Breite liegt. Ebenso folgt, dass gewöhnlich jede Oktober-Cyklone zwar durch die Breite von 18° hindurchgeht, es aber äusserst selten vorkommt, dass eine solche Portorico durchzieht, welches doch in dieser Breite liegt. Diese Thatsache ist so lange bekannt, dass die hohe Geistlichkeit seit undenklicher Zeit angeordnet hat, dass die Priester in die Messe das Gebet: »Ad repellendas tempestates« in Portorico für die Monate August und September, aber nicht für den Oktober, und in Cuba für die Monate September und Oktober, aber nicht für den August, aufgenommen haben. Dies beweist, dass die hohe Geistlichkeit aus Erfahrung die Thatsache kennt, dass die

Cyklonen des Oktober für die Insel Cuba sehr gefährlich sind, während die des August es nicht sind, und dass für Portorico im Gegensatze dazu die Orkane des August verhängnisvoll sind, während im Oktober dort von einem Orkane nur sehr selten die Rede ist. Diese durch die Erfahrung wohlverbürgte Thatsache lässt ein allgemeines Gesetz mutmassen, welches die geographische Lage der Zugstrassen mit dem Vorrücken der Jahreszeit in Beziehung bringt.

Verf. versucht, dieses Gesetz zu entdecken und in die denkbar exakteste Form zu bringen; es wird den Seeleuten von höchstem Nutzen sein, weil es die Orte der voraussichtlich grössern Gefahr für die verschiedenen Monate kennzeichnen wird.

Zunächst muss man zugeben, dass die Länge, an sich und unabhängig von andern Ursachen betrachtet, keinen Einfluss auf die Rückbiegung der Cyklonen auszuüben scheint; dasselbe wird man auch von der normalen Richtung der Zugstrassen zu den verschiedenen Zeiten und in den verschiedenen Breiten sagen können. Keineswegs aber gilt dies für die geographische Verteilung der Meere, Inseln und Festländer, weil diese nicht nur auf die Rückbiegung, sondern auch auf die Ursprungsstätten der Cyklonen, je nach dem Vorrücken der Jahreszeit, einen Einfluss geltend macht. Sie muss also auch auf die allgemeinen Wege, die die Cyklonen in den verschiedenen Monaten in bestimmte Gebiete hinein einschlagen, von Einfluss sein. Die geographischen Zonen, denen im allgemeinen die Orkane zu bestimmten Zeiten und in bestimmte Gebiete hinein folgen, ändern keineswegs die beiden andern früher aufgestellten Gesetze — es sind dies allgemeinere Gesetze — im Gegenteil, jene allgemeinen Gesetze können gegebenenfalls auf den allgemeinen Verlauf der Cyklonen in den verschiedenen Monaten zur Anwendung gebracht werden.

Die tropischen Cyklone bilden sich nicht ohne Unterschied an irgend welchem Orte des Tropengürtels, sie wählen vielmehr mit Vorliebe zu ihrer Bildung und Entwickelung ganz bestimmte Gegenden dieser Zone. Die Cyklonengegenden der Tropen vereinen in sich in mehr oder weniger ausgeprägter Weise folgende geographische Bedingungen: An grosse, an Meerbusen und Buchten reiche Festlandsmassen im Westen, deren Küsten von N nach S verlaufen, schliessen sich im O weite, ausgedehnte Meere, die mit Inseln übersät sind. Diese Bedingungen sind mehr oder weniger vollständig in den Cyklonengegenden der Philippinen und der Chinasee, der Meere Indiens und, auf der südlichen Hemisphäre, des südlichen Ostafrika mit den benachbarten Inseln Madagaskar, Mauritius, Réunion, Rodriguez u. s. w. erfüllt. Von allen Cyklonengegenden der Tropenzone ist aber keine vollkommener, und trägt keine die geographischen Bedingungen für die Bildung und Entwickelung der Cyklonen so zur Schau, wie die grosse nordamerikanische Bucht mit ihrem weiten Atlantischen Ozeane, der sich im O bis an die Küste Afrikas und im NW bis an die Küsten Europas und bis in die nördlichen Meere hinein ausdehnt. Dies trägt viel, wie es scheint, zu der Grösse und Regelmässigkeit der ungeheuren Zugstrassen der Cyklonen der Antillen bei. Eine August- oder September-Cyklone kann sich in der Nähe der Kap Verdischen Inseln an der Westküste Afrikas oder östlich von den Kleinen Antillen bilden, den Atlantischen Ozean in dem ersten Ast ihrer Bahn durchqueren und im Golfe von Charleston oder an der Küste von Texas umbiegen. Im zweiten Falle wird sie durch die Vereinigten Staaten in der Richtung auf das Kap Hatteras ihren Weg nehmen und dann mit neuen Kräften und wachsender Geschwindigkeit den Atlantischen Ozean von neuem in nordöstlicher Richtung durchkreuzen, um entweder Europa zu erreichen oder sich in den nördlichen Meeren auszufüllen. Und wir haben eine Menge solcher Cyklonen, welche Zugbahnen von vielen Tausenden von Meilen mit staunenswerter Regelmässigkeit und den allgemeinen Gesetzen unterthan beschreiben. Das ist wahrhaft überraschend und wunderbar. Verf. glaubt nicht, dass es auf Erden eine andere Region giebt, die Cyklonen aufweist, welche sich mit denen der Antillen

oder besser gesagt der grossen nordamerikanischen Bucht messen können. Es wird sich auch in dem ganzen Tropengürtel keine Bucht finden, die grossartiger und geeigneter wie jene wäre, sei es für die Entwickelung, sei es für die Vorwärtsbewegung der wandernden Sturmzentra.

Die grosse nordamerikanische Bucht schliesst den Teil des Atlantischen Ozeans in sich, der im W des 55.° westl. L. v. Gr. liegt, sie reicht also von Neu-Fundland bis Holländisch-Guyana und wird begrenzt im O durch den genannten Meridian, und im N. W und S von den Küsten Neu-Fundlands und des St. Lorenz-Golfes, von der Atlantischen Küste und der des Golfes von Mexiko und von dem Küstenstriche von Yukatan bis Holländisch-Guyana. Sie schliesst in sich ein die Antillen, das Karibische Meer. den Golf von Mexiko, die Bahama-Inseln, die Bermudas und die Golfe von Charleston und St. Lorenz.

Der südliche Teil dieser grossen Bucht, d. h. das Antillen-Meer und der Teil des Atlantischen Ozeanes, der sich östlich der Antillen erstreckt, ist die Bildungs- und Entwickelungsstätte der Orkane. Dort bilden sich die Cyklonen, je nach der Lage der äquatorialen Kalmenzone, des Hochdruckgebietes des Atlantischen Ozeanes und folglich auch der südlichen Passatgrenze etwas mehr nördlich oder südlich und ganz besonders mehr östlich oder westlich. Die Lage der Ursprungsstätte der Orkane hängt von der mehr oder weniger vorgerückten Jahreszeit ab. Die Änderung der Lage des Kalmengürtels des Hochdruckgebietes des Atlantischen Ozeanes und der südlichen Passatgrenze wird veranlassen, dass sich die Ursprungsstätte der Cyklonen von O nach W oder aber quer über den Atlantischen Ozean von den Kap Verdischen Inseln bis an die Küsten von Honduras und Yukatan und bis an den östlichen Teil des Golfes von Mexiko vorschiebt. Es folgt daraus, dass die Geburtsstätte der Sturmzentra die Änderung in dem Zeitraume von $2^1/_2$ Monaten, von Mitte August (dem Maximum der cyklonalen Thätigkeit und der Breite für die Rückbiegungen) bis Ende Oktober oder aber im umgekehrten Sinne von Anfang Juni bis Mitte August erfährt.

Mitte August, wenn das Hochdruckgebiet des Atlantischen Ozeanes sich in 30—35° Breite befindet, und der Passat der nördlichen und südlichen Hemisphäre sich an der afrikanischen Küste in Südwestmonsume verwandelt hat, bilden sich in einem Gebiete niedern Luftdruckes im S der Kap Verdischen Inseln die Cyklonen. Um diese Zeit dehnen sich die Isobaren des Hochdruckgebietes des Atlantischen Ozeanes im SW bis nach Cuba und bis in das Karibische Meer aus; es können daher an dieser Seite keine Cyklone entstehen.

Im Monat September lehnen sich die das Hochdruckgebiet des Atlantischen Ozeans umgrenzenden Isobaren an Afrika und reichen bis gegen den O der Antillen, lassen aber das Karibische Meer frei. Die Cyklonen bilden sich nun im O der Kleinen Antillen. In der ersten Dekade des Oktober verändern sich die Umstände wenig, nur einige wenige Cyklonen bilden sich schon weiter nach W im östlichen Teile des Karibischen Meeres. In der zweiten und dritten Dekade des Oktober lässt schon die Isobare von 762 *mm*, welche das Hochdruckgebiet des Atlantischen Ozeans und des amerikanischen Festlandes umschliesst, das westliche Karibische Meer im S der Insel Cuba und einen Teil des Golfes von Mexiko frei. Es bilden sich dort Gebiete niedern Druckes aus, welche in jener Jahreszeit zur Ursprungsstätte für Cyklonen werden, die für die Westhälfte von Cuba verhängnisvoll sind.

Die Monate Juli und Juni sind nicht vollkommen den Monaten September und Oktober analog. Im Juli greift in manchen Jahren das Hochdruckgebiet bis auf das Karibische Meer über, dann pflegen keine Cyklonen im Juli aufzutreten; in andern Jahren bleibt die das Hochgebiet umschliessende Isobare weiter nördlich, so dass das Antillen-Meer frei wird, und in diesem Falle bilden sich in derselben Gegend wie im September Cyklonen. Sie unterscheiden sich von denen des September nur dadurch, dass sie in etwas niedrigern Breiten bleiben.

Die Orkane der dritten und der zweiten Dekade des Juli verhalten sich wie die der ersten und zweiten Dekade des Oktober. Die wenigen in der ersten Dekade des Juni auftretenden Sturmfelder kommen von den östlichen Kleinen Antillen, ziehen in niedrigerer Breite und erreichen Mexiko, wo sie, ohne den zweiten Ast zu entwickeln, verschwinden. Oft vergehen viele Jahre, ohne dass Orkane im Juni auftreten, zeitweilig aber verwüsten die Sturmfelder den S und S W von Habana durch grosse von ihnen hervorgebrachte Überschwemmungen.

a) August. Wie schon gesagt, entstehen die Cyklonen des August gewöhnlich weit im O in der Nähe der Kap Verdischen Inseln. Die Zugstrasse ist anfangs rein westlich, ganz allmählich neigt sie sich nordwärts, in den Kleinen Antillen aber hat sie schon westnordwestliche Richtung. Bei Portorico ist die geographische Zone der August-Cyklonen, die ihre Zugstrassen einnehmen, bereits von einer Breite von ungefähr 450 Meilen, von denen ungefähr 100 Meilen südwärts und 350 Meilen nordwärts der Insel liegen. In der Nähe Cubas erstreckt sich diese geographische Zone vom Kanal Viejo der Bahama-Inseln bis etwa 500 Meilen im N O. Die Rückbiegungen dieser Cyklonen umfassen eine Zone von 29—33° Breite, die gewöhnlich von den Meridianen von New-Orleans und Puerto Plata auf St. Domingo (90—70° westl. v. Gr.) begrenzt wird. Der am meisten aufgesuchte Teil dieser Zone liegt zwischen dem Golfe von Charleston und 300—400 Meilen östlich davon. Die Breite der Zone, welche die Zugstrassen in der Rückbiegung einnehmen, wird um so grösser, je mehr die Cyklonen nach N O vorrücken. Dies gilt auch allgemein für die andern Monate.

b) September. Die Orkane des September treten gewöhnlich in das Antillen-Meer zwischen Barbados und St. Thomas ein, einige nehmen aber ihren Weg noch bis mehr als 200 Meilen nördlich von St. Thomas. Die Breite der Zone beträgt in der Nähe von St. Thomas 400—450 Meilen. Ein Schnitt durch diese Zone und durch das zentrale Cuba ergiebt eine Breite von 550—600 Meilen, d. i. eine Breite von einer im N zu der Richtung der Bahama-Inseln gelegten Parallele von 250—300 Meilen im S von Cuba. Die Zone für die Rückbiegung erstreckt sich von Texas bis wenigstens zum Meridian von Punta Maisí, der Ostspitze von Cuba (98—74° westl. L. v. Gr.)

c) Juli. Die Cyklonenbahnen des Juli sind denen des September ähnlich, nur dass sie in niedern Breiten liegen. Sie durchkreuzen das Karibische Meer, biegen an der Küste von Texas um und sind weniger zahlreich als die des September; ihre geographische Zone ist auch viel schmaler.

d) Juni dritte Dekade und Oktober erste Dekade. Diese Orkane entstehen entweder im Gebiete der östlichen Kleinen Antillen oder aber im östlichen Teile des Karibischen Meeres; sie verlaufen gewöhnlich nahe der Insel Cuba, durchkreuzen sie in ihren westlichen Provinzen oder den Kanal von Yukatan, um in einer Breite von 23—26° umzubiegen. Die Zone der Rückbiegung liegt gewöhnlich zwischen dem Meridian von Matanzas und dem von Kap Catoche, der Nordostspitze von Yukatan.

e) Juni und zweite Dekade des Oktober. Im S der Insel Cuba, gewöhnlich im S O von Habana, und in der Nähe der zentralamerikanischen Küste bilden sich diese Orkane. Sie biegen in 20—23° um und durchziehen mit ihrem zweiten Aste gern das westliche Cuba zwischen Matanzas und Pinar del Rio.

Die Cyklonen 4 und 5 sind sehr gefürchtet. Besonders schwer sind sie für die Westhälfte von Cuba, weil sie die Insel in ihrer Biegung oder doch bald nach dem Umbiegen erreichen und daher lange auf ihr bleiben. Einige von ihnen haben 4, 5 ja sogar 6 Tage gewütet und grosse Verwüstungen und furchtbare Überschwemmungen verursacht.

f) Dritte Dekade des Oktober. Diese Cyklonen bilden sich an der Küste von Zentralamerika, sie durchlaufen mit ihrem zweiten Aste und wachsender Geschwindigkeit die Insel Cuba. Ihrer Zerstörungen wegen

werden sie sehr gefürchtet und auch deshalb, weil man sehr aufpassen muss, wenn man sie rechtzeitig entdecken will. Gewöhnlich ist, dass, wenn ihr Kommen entdeckt ist, sie auch schon da sind.

5. Der Wert der Orkanzonen für die Praxis. Das Gesetz, das Verf. soeben entwickelt, giebt den Seeleuten die gefährlichsten Zonen in der der Orkanzeit an, sie können diese also nach Möglichkeit vermeiden. Müssen sie durch sie hindurch, so ist die nächste Sorge darauf zu richten, festzustellen, ob der Weg vom Feinde frei ist oder nicht. Muss man auf solchen Strassen fahren, so muss auf die ersten Anzeichen für einen Orkan geachtet werden, um dann rechtzeitig Massregeln zu ergreifen.

6. Geschwindigkeit der Bewegung der Orkane in den verschiedenen Teilen ihrer Bahn. Man kann die Zugstrasse eines Orkans in drei Teile zerlegen: in den ersten Ast, die Biegung (Scheitelpunkt) und den zweiten Ast. Das Gesetz selbst lautet: In dem ersten Aste von seinem Ursprunge bis in die Nähe der Biegung beschleunigt der Orkan seine Geschwindigkeit. In der Nähe der Biegung nimmt die Geschwindigkeit allmählich ab, so dass sie im Scheitelpunkte ihr Minimum erreicht; nun wächst die Geschwindigkeit im zweiten Aste wieder schnell an und ist bestrebt, ein Maximum von 30 und 40 Meilen in der Stunde zu erreichen.

So oft man eine bemerkenswerte Anomalie in der Geschwindigkeit der Fortbewegung einer Cyklone beobachtet, kann man auf eine Unregelmässigkeit in der Zugstrasse oder auf eine Abweichung von der normalen Richtung oder aber auf eine Anomalie in der Zurückbiegung derselben gefasst sein. Jene Anomalien finden statt, bei gleichzeitigen oder Zwillingscyklonen.

7. Geschwindigkeiten der Bewegung der Orkane in der Biegung. Die Geschwindigkeit der Bewegung in den Biegungen hängt davon ab, ob die parabolischen Bahnen mehr oder weniger offen oder geschlossen sind. Verf. giebt dem Gesetze die Fassung: In offenen parabolischen Bahnen nimmt die Geschwindigkeit in der Biegung nur wenig ab, während in den geschlossenen Bahnen die Cyklonen im Scheitelpunkte fast ganz zum Stillstehen kommen. Die Cyklone mit sehr offener parabolischer Bahn, welche am 17. August 1879 etwas nördlich des Kanals von Florida im Golfe von Charleston zurückbog, behielt im Scheitelpunkte eine Geschwindigkeit von 14 Meilen per Stunde. Solche Beispiele lassen sich noch viele anführen. Im Gegensatze dazu stand die Cyklone, welche in der Nacht vom 7. zum 8. Oktober über Matanzas wegging, und die zwischen Matanzas und Cayo Hueso zurückbog. Ihre Bahn war eine sehr geschlossene, das Zentrum blieb ungefähr vier Tage in der Biegung.

Die Cyklone, die in Florida am 8., 9. und 10. September 1878 umbog, hatte ebenfalls eine sehr geschlossene Bahn und verblieb drei Tage in der Biegung. Dieses Zentrum zeigte nach der Rückbiegung im zweiten Aste darin eine Anomalie, dass es vom Golfe von Charleston aus nach N zog. Endlich blieb die Cyklone mit geschlossener Bahn, die am 16. und 17. September an der Küste von Texas umbog, $1^1/_2$ Tage in der Biegung.

In einigen dieser Cyklonen betrug die Geschwindigkeit der Fortbewegung im Scheitelpunkte der Parabel nicht mehr als 1.5—3 Meilen per Stunde.

8. Nicht alle Cyklonen biegen zurück. Eine Cyklone kann in jedem der drei Abschnitte ihrer Bahn entstehen und vergehen. Sie bildet sich demnach zuweilen im ersten Aste, um vor der Biegung wieder zu verschwinden, oder sie entsteht im ersten Aste und löst sich in der Biegung wieder auf, oder sie hat die Biegung zur Ursprungsstätte und erlischt im zweiten Aste, oder endlich liegen Entstehen und Erlöschen der Cyklone in dem zweiten Aste.

Eine Cyklone dieser Art, die nur einen Teil der Zugbahn beschreibt, pflegt auch dem Teile derselben zu folgen, dem sie angehört, sie kann sich nicht von der geographischen Zone losreissen, die den Zugbahnen in den betreffenden Monaten zusteht, und sich auch nicht dem Gesetze der Rück-

biegung entziehen. Sie würde dem Gesetze der Rückbiegung widersprechen, wenn sie die Breite, die in dem betreffenden Monate für die Rückbiegung gilt, durchläuft, ohne zurückzubiegen, wenn sie aber erlischt, bevor sie noch die Breite für die Rückbiegung erreicht hat, oder wenn sie im zweiten Aste, also in einer höhern Breite als wie die, in der die Rückbiegung liegen sollte, entsteht, so widerspricht das keineswegs dem Gesetze für die Rückbiegung. Es folgt daraus, dass eine Cyklone mit unvollständiger Zugbahn sich nur aus triftigen Gründen mit den entwickelten Gesetzen in Widerspruch setzen kann. Der Lauf der Cyklonen in ihren Zugbahnen hängt von allgemeinen Ursachen ab. Eine allgemeine Ursache wird deshalb genau so auf eine Cyklone wirken, welche schon acht Tage existiert hat, wie auf eine, die erst soeben gebildet ist. Hat sich an irgend einem Punkte eine Cyklone gebildet, so existiert vorher schon für sie eine normale »latente« Zugstrasse, die durch diesen Punkt geht und sich durch die Richtung Geltung verschafft, die sie dem Zentrum giebt.

9. Die hauptsächlichsten Anomalien. Einige der ersten und letzten Cyklonen der Orkanzeit haben zu Anfang als Zugrichtung SzW und dann WzS oder WSW. Diese Sturmfelder sind gering an Zahl und gewöhnlich auch von kurzer Dauer; ihre Zugstrassen sind völlig anormal in Beziehung auf alle mitgeteilten Gesetze.

Im zweiten Aste der Zugstrassen werden vielfach Anomalien beobachtet. So ist dieser Ast oft stark nach N gerichtet. Andere Orkane biegen in ihrem zweiten Aste nochmals um, indem sie sich zunächst nördlich und dann nach W wenden.

Die hauptsächlichsten Anomalien zeigen die gleichzeitigen oder Zwillingscyklone, welche zu gleicher Zeit an wenig voneinander entfernten Stellen unter dem Einflusse derselben allgemeinen Ursachen entstehen. Solche Zentra sind in dem Masse, wie ihre obern Luftschichten aufeinander einwirken, bestrebt, einander zurückzustossen.«

Die Taifune der Philippinen sind von P. José Algue, Direktor des Observatoriums in Manila, auf Grund eigener und fremder Studien ausführlich behandelt worden[1]). Dieses Werk giebt die vollständigste Darstellung der in Rede stehenden Wirbelstürme, welche zur Zeit vorhanden ist.

Der Harmattan. Mit diesem Namen bezeichnet man seit alter Zeit einen an der Küste von Oberguinea von Zeit zu Zeit bei dunstiger Luft wehenden, überaus trocknen, heissen Wind, den man bezüglich seiner ungünstigen Wirkung auf den Menschen mit dem berüchtigten Samum der Wüste ziemlich auf eine Linie zu stellen pflegt. Genauere Beobachtungen über diesen Wind, besonders aus dem innern Teile des Landes, sind jedoch nicht bekannt, und erst in jüngster Zeit sind durch Dr. H. Gruner, A. Mischlich und Leutnant v. Seefried, aus dem Togogebiete zuverlässige Mitteilungen über das Auftreten dieses Windes der Wissenschaft zu Teil geworden[2]). Dadurch hat die Harmattanfrage ein ganz anderes Gesicht erhalten, wenn auch noch keineswegs alle Einzelheiten erledigt sind. Auch v. Danckelman, der die Ausführungen der oben genannten Be-

---

1) Bayvios ó Ciclones Filipinos. Manila 1897.

2) Mitt. aus den Deutschen Schutzgebieten. A. v. Danckelman. Meteorol. Zeitschr. 1899. Juli.

trachtungen mitteilt, macht darüber mehrere Bemerkungen[1]) und fasst das Ergebnis seiner Untersuchungen wie folgt zusammen:

»Der Harmattan im engern Sinne ist eine durch besondere Luftdruckverteilung bewirkte vorübergehende Verstärkung der im allgemeinen im Dezember bis Februar in den westlichen Sudanländern herrschenden nord-südlichen Luftströmung. Die sie begleitende exzessive Lufttrockenheit verdankt sie wesentlich den Gebieten nördlich vom Nigerbogen, und sie führt dieselbe mit sich nach S, unter günstigen Verhältnissen bis in die sonst von einer beständigen südlichen Seebrise beeinflussten luftfeuchten Küstengebiete. Staubführung mag diesen Winden an sich vielleicht nicht besonders eigen sein, sondern sie ist vielleicht eine allgemeine Eigenschaft der Luft dieser Gebiete zu jener Jahreszeit. Unter welchen besondern Umständen die im allgemeinen wohl auf Ausstrahlungswirkungen zurückzuführenden niedrigen Morgentemperaturen gerade solcher Perioden zustandekommen, erscheint noch nicht völlig aufgeklärt.«

Seetromben in Australien. H. C. Russell in Sydney berichtet[2]) über merkwürdige Wassertromben, die an der Küste von Neu-Südwales sehr oft in Gruppen von drei und vier zusammen auftreten. Am Morgen des 16. Mai 1898 zeigte sich in dem Charakter des Wetters nichts Ungewöhnliches, der Luftdruck über den westlichen Distrikten von Viktoria war ziemlich niedrig, der Wind schwach und entsprechend der Luftdruckverteilung. Zu Eden und überhaupt in Südostaustralien herrschte schönes ruhiges Wetter, vormittags erhob sich am östlichen Horizont eine Wolkenbank, wurde immer dichter und trieb gegen die Küste. Die Wolken stiegen höher und höher, und zwischen ihnen und dem Meere fanden elektrische Entladungen statt, ohne jedoch etwa Besonderes ahnen zu lassen. Gegen 11 Uhr erblickte der Pilote Newton die ersten Wassertromben, und zwar scheinen sie plötzlich entstanden zu sein, sie waren gerade wie ein Baumstamm, und ihre Höhe wurde zu 5000 Fuss geschätzt. Sie befanden sich etwa 8 engl. Meilen nordostwärts vom Beobachter und bewegten sich rasch gegen SW, bis sie drei oder vier Meilen von der Küste plötzlich verschwanden. Der Ingenieur D. R. Crichton hat diese Tromben durch das Fernrohr seines Theodoliten beobachtet. Er sah im ganzen 14 derselben, die aus den Wolken bis zum Seespiegel hinabreichten. Das Wetter war während ihres Auftretens ruhig, ebenso die See. Die Trichter in den Wolken hatten etwa 100 Fuss Durchmesser, und ihre Länge von der Basis bis zu der Stelle, wo die eigentlichen Säulen begannen, betrug 250 Fuss. Der Durchmesser dieser Säulen wurde auf 10 Fuss geschätzt. »Ich konnte,« schreibt der Beobachter, »durch mein Fernrohr genau den Anfang jeder Trombe beobachten. Zuerst erblickte ich

---

[1]) a. a. O. p. 301.
[2]) Journal Royal Society of N.-Südwales 32.

eine heftige Unruhe der bis dahin ruhigen See und erkannte eine rotatorische Bewegung der Wellen über einem Teile der Oberfläche von $^1/_8$ engl. Meile im Durchmesser. Diese Bewegung wurde heftiger und gleichzeitig die Fläche, über der sie sich zeigte, kleiner, der Schaum der See wurde sichtlich dichter, und in zwei oder drei Minuten war die Basis des Wirbels gebildet. Dann wuchs er stufenweise als eine weissliche, an der Spitze nebelige Säule, die sich in vier oder fünf Minuten bis zu $^2/_8$ der Wolkenentfernung erhob. Währenddessen hatte sich in den Wolken ein umgekehrter Kegel gebildet, der hin und her schwankte und sich schliesslich mit der nebeligen Spitze der untern Säule vereinigte, worauf das Ganze plötzlich zu einer geraden, symmetrischen Säule, ohne Spur von Rotation wurde. Die ganze nebelige oder wolkige Materie in dieser Säule war verschwunden; letztere blieb zehn bis zwölf Minuten lang unverändert, während die Wolke über ihr dunkler wurde und langsam ostwärts zog, wodurch die Säule sich etwa 10° neigte und darauf in drei bis vier Minuten wieder nebelig wurde, in der Mitte brach und nach oben und unten zurückgezogen wurde, wodurch die Meeresoberfläche heftig erregt wurde. Die Beobachtungen von acht unter diesen 14 Tromben ergaben übereinstimmend eine rotierende Bewegung, bevor die Vereinigung der Schläuche zustandekam und nach derselben.«

Es sind in Neu-Südwales noch andere Formen der Wassertromben beobachtet worden, auch solche, bei welchen der Schlauch aus den Wolken bis auf die Meeresoberfläche hinabreichte, ohne dass von dieser ein ähnlicher emporgestiegen wäre. In einem von Louis Frank genau gezeichneten Falle war der Durchmesser ausserordentlich gross. Diese Trombe zeigte, wo sie über das Festland schritt, alle Eigentümlichkeiten der sogenannten Tornados.

Die Stürme und Sturmwarnungen an der deutschen Küste in den Jahren 1886—1895 sind von Dr. Grossmann untersucht worden[1].

Es wurden bei dieser Untersuchung solche Stationen längs der Küste zu neun Gruppen vereinigt, welche dieselben Sturmwarnungen erhalten haben. Die Gruppe I, II, III und IV/V umfassen das Ostseegebiet, nämlich die preussische und pommersche Küste, die Insel Rügen und Umgebung, sowie die westliche Ostsee; die Gliederung der Nordsee geschieht durch die Gruppen VI/VII (östliche Nordsee, Hamburg, Keitum), VIII (Bremerhaven, Helgoland, Cuxhaven u. s. w.) und IX (Borkum, Norderney, Wilhelmshaven u. s. w.). Als stürmische Winde wurden nur solche von mindestens der Stärke 8 herbeigezogen und als Gruppensturmstärken festgesetzt:

0	höchste Stärke 7 auf weniger als der Hälfte der Stationen	Stärke 8 oder mehr auf wenigstens 1 Station.
1	höchste Stärke 7 auf wenigstens der Hälfte der Stationen	
2	höchste Stärke 8	auf wenigstens der Hälfte der Stationen.
3	» » 9	
4	» » 10	
5	» » 11	

[1]) Aus dem Archiv der Seewarte. XXI. No. 4.

Die relative Übereinstimmung der so definierten Gruppensturmstärken längs der Küste bei ausgebreiteten Stürmen hat gelehrt, dass die Einführung der höhern Stärkeziffern 3—5 zulässig ist und somit eine Trennung der wirklich schweren Stürme von den mässigen ermöglicht.

Um die Gruppenwindrichtung zu bezeichnen, wurden die bei der Wettertelegraphie üblichen Zahlen benutzt:

4 .... stürmische Winde aus dem NO-Quadranten, Winde N—O
12 .... » » » » SO- » » O—S
20 .... » » » » SW- » » S—W
28 .... » » » » NW- » » W—N
8 .... » » » » NO- und SO-Quadranten, Winde N—O—S
16 .... » » » » SO- und SW-Quadranten, Winde O—S—W
24 .... » » » » SW- und NW-Quadranten, Winde S—W—N
32 .... » » » „ NW- und NO-Quadranten, Winde W—N—O

Die Zusammenstellung der Sturmtage des Untersuchungszeitraumes nach den Küstengebieten und den Gruppensturmstärken zeigt, dass unter Berücksichtigung aller Sturmtage Gruppe III mit 900 am meisten und Gruppe I mit 890 nur etwas weniger Sturmtage gehabt haben, gegenüber 689 an Gruppe IV und V und nur ca. 560 Sturmtagen an der Nordsee und der Pommerschen Küste. Die Gesamtheit aller Sturmtage steigt hiernach von der Nordsee bis Rügen, nimmt dann nach Osten hin ab und steigt an der preussischen Küste wieder zu fast gleich hohem Betrage an. Dieser Überschuss der Sturmtage der preussischen über die der pommerschen Küste kommt indessen, wie die Tabelle zeigt, wesentlich auf Rechnung der leichtesten Stürme, wird für die Gruppensturmstärke 1 bereits unbedeutend und verschwindet dann. Für alle Sturmtage von der Gruppensturmstärke 2 und darüber nimmt die jährliche Häufigkeit der Sturmtage von Rügen nach Westen und Osten hin ab.

Häufigkeit der Sturmtage in den Jahren 1886/1895.

Gruppensturmstärke	Küstengebiet							
	IX	VIII	VI/VII	VI/IX	IV/V	III	II	I
0	128	156	136	343	353	281	174	538
1	147	119	77	143	166	231	155	171
2	90	67	46	57	116	235	147	110
3	16	18	24	16	44	119	72	63
4	5	6	2	3	8	28	9	5
5	2	1	1	1	2	6	3	3
0—5	388	367	286	563	689	900	560	890
1—5	260	211	150	220	336	619	386	352
	Prozentwerte:							
0	33	43	48	61	51	31	31	60
1—2	61	51	43	36	41	52	54	32
3—5	6	6	9	3	8	17	15	8

Ohne Berücksichtigung der leichtesten Stürme hatte die Nordsee nur 220 Sturmtage, gegenüber 619 auf der Insel Rügen und Umgegend und

330—390 für die übrigen Teile der Ostsee, wobei zu beachten ist, dass die geringere Häufigkeit der Sturmtage an der Nordsee besonders für die stärkern Stürme hervortritt. Gegen 20 Sturmtage der Nordsee mit den Gruppenstärken 3—5 hatten Gruppe IV/V 54, Gruppe III 153, Gruppe II 84 und Gruppe I 71 dieser schweren Stürme.

Die prozentische Verteilung der Sturmtage nach den Gruppensturmstärken 0, 1—2 und 3—5 ergiebt eine grosse Übereinstimmung für die Gruppen II und III, wo die leichtesten Erscheinungen nur mit 31 % und dafür die stärksten mit 15—17 % vertreten sind, und für Gruppe VI/IX und I, abgesehen von der grösseren Häufigkeit der stärksten Stürme im Osten; diese sind mit 8 % an der westlichen Ostsee ebenso häufig wie an der preussischen Küste vertreten gewesen, doch traten hier relativ mehr von den leichtesten Stürmen auf.

Die prozentische Verteilung nach den Gruppensturmstärken zeigt für die leichtesten Stürme der drei Nordseegruppen eine Zunahme von West nach Ost, für die Gruppenstärken 1—2 eine nahezu ebenso grosse Abnahme und für die grössten Stärken ein kleines Überwiegen der Gruppe VI/VII.

Ein Vergleich der den einzelnen Nordseegruppen zukommenden Häufigkeitszahlen mit den für die Nordseeküste als Ganzes berechneten lehrt, dass bei einem so weit ausgedehnten Gebiete wie der Nordsee auch stärkere Stürme mehr lokaler Art, auf Teile der Küste beschränkt, öfters auftreten; so hatte Gruppe IX 90 Sturmtage der Gruppensturmstärke 2, gegenüber 57, die diesen Charakter für die ganze Nordsee besassen. Besonders aber tritt die lokale Natur der leichtesten Stürme hier hervor, von denen an der als ein Gebiet aufgefassten Nordseeküste 343 auftreten, gegenüber nur 128—156 an ihren einzelnen Teilen.

Was die Verteilung der Sturmtage des Jahres auf die Windrose anbelangt, so tritt in den Gruppenstärken 1—5 das für unsere Küste bekannte Vorherrschen der Stürme aus den beiden W-Quadranten hervor; Gruppe IV/V und II zeigen ein bedeutendes Vorherrschen der Stürme aus dem SW-Quadranten, während die Stürme an den übrigen Teilen der Küste häufiger über West nach dem NW-Quadranten drehen, so dass die den beiden westlichen Quadranten angehörenden Sturmtage an der Nordsee nur wenig seltener als die reinen SW-Stürme sind und diese an den Gruppen I und besonders III an Häufigkeit übertreffen. Die SW-Stürme treten an der Nordsee weit häufiger als die NW-Stürme auf, treten aber nach Osten hin immer mehr gegen sie zurück, so dass schliesslich an der preussischen Küste die reinen SW- und NW-Sturmtage gleich häufig sind. Die den beiden N-Quadranten angehörigen Sturmtage überwiegen an der Ostsee bedeutend im Vergleiche zur Nordsee, während die dem SO-Quadranten und seiner Umgebung angehörigen Sturmtage nächst Gruppe III den Westen der Küste bevorzugen. Für alle Windrichtungen tritt die Zunahme der Sturmtage von der Nordsee nach Rügen hin auf und die weitere Abnahme nach Osten hin, ausgenommen die von Gruppe II nach I hin beobachtete Zunahme für den SO-Quadranten und die Zwischenrichtungen 32, 8, 16 und 24, die auf eine relativ grössere Drehung der Windfahne an Sturmtagen der Gruppenstärken 1—5 der preussischen im Vergleiche zur pommerschen Küste hinweisen.

Die Sturmtage der Gruppenstärke 0 zeigen die bei weitem grössten Häufigkeitszahlen für die SW- und die NW-Stürme und nur für die Gruppen der östlichen Ostsee annähernd gleich grosse Werte für die NO-Stürme, während die den beiden W-Quadranten zugleich angehörenden Sturmtage bedeutend zurücktreten und besonders im Vergleiche mit deren relativer Häufigkeit für die höhern Gruppensturmstärken selten erscheinen; dieses Verhalten findet seine Erklärung in dem Umstande, dass die schwächern, meist lokalen Stürme der Sturmstärke 0 nur vereinzelt den schnell fortschreitenden intensiven Sturmwirbeln mit starker Drehung des Windes angehören. Die Verteilung der Sturmtage gleicher Gruppenwindrichtung auf die Küste ergiebt für die preussische Küste die grösste Zahl



Vier Wasserhosen, beobachtet zu Eden (Australien).



Wasserhosen, beobachtet in der Coogu-Bay (Australien).

der Sturmtage für alle Richtungen, ausser für die SW-Stürme, die von der kleinsten Gruppenstärke an der Nordsee weitaus am häufigsten waren, und mit der weitern Ausnahme der ziemlich gleichmässig verbreiteten, den beiden O-Quadranten zugleich angehörenden Stürme. Nächst Gruppe I zeigen Gruppe VI/IX und IV/V meist die grössten Häufigkeitszahlen, während die Sturmtage der Gruppenstärke 0 fast für alle Gruppenwindrichtungen an der pommerschen Küste am seltensten waren, entsprechend dem gleichartigen Verlaufe dieses Teiles der Küste.

Die Häufigkeit der Sturmtage der Gruppenstärke 1—5 nach Monaten geordnet, zeigt folgende Tabelle des Verfassers:

Küstengebiet	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
VI—IX	27	23	33	9	8	4	8	10	12	29	27	30
IV—V	39	37	47	18	17	13	14	22	19	35	39	36
III	58	41	61	39	33	32	42	51	58	78	58	68
II	39	36	38	22	11	18	20	37	35	50	43	43
I	40	27	31	15	7	13	15	31	31	50	42	50

Hiernach hatte in dem ganzen Zeitraume die Nordsee die grösste Häufigkeit der Sturmtage im März, ihre Zahl nahm dann gegen April stark und dann langsam ab bis zum Minimum im Juni, und es folgten dann nach stärkerer Zunahme von September bis Oktober die sturmtagreichen Monate Oktober bis Januar mit einem wenig ausgesprochenen, gegen März zurückbleibenden Häufigkeits-Maximum im Dezember. Ähnlich fallen für Gruppe IV/V das absolute Maximum auf den März und das hier weniger ausgeprägte Minimum auf den Juni, doch finden sich in den stürmischen Monaten Oktober bis Februar sekundäre Maxima im November und Januar. Gruppe III zeigt auch noch das Minimum schwach ausgeprägt im Juni, während dieses bei den Gruppen II und I, stärker hervortretend, bereits im Mai eintritt; das Maximum im März ist auf Gruppe III auch noch vorhanden, tritt jedoch seinem Betrage nach ebenso wie auf den ostwärts gelegenen Gruppen zurück gegen das Häufigkeits-Maximum, das in den für die Gruppen I—III besonders stürmischen Monaten Oktober bis Dezember beobachtet wird, in Gruppe III und II auf den Oktober fällt und in Gruppe I mit gleichen Werten im Oktober und Dezember auftritt. Die an der Nordsee unbedeutende Zunahme der Sturmtage von Juli bis August verstärkt sich nach Osten hin bedeutend, während die an der Nordsee starke Abnahme der Sturmtage von März bis April bis Gruppe II hin dem relativen Betrage nach abnimmt und an der preussischen Küste wieder stärker hervortritt.

Der durch die Monatshäufigkeiten dargestellte jährliche Gang weist dem relativen Betrage nach für die Ostsee weit geringere Schwankungen als für die Nordsee auf, bedingt durch die in der Ostsee während der wärmern Jahreszeit relativ grössere Sturmthätigkeit.

In dem Untersuchungszeitraume hatte der Monat Oktober für Gruppe III mit 78 Sturmtagen (in 10 Jahren!) weitaus die grösste Häufigkeit aufzuweisen, während die geringste, unter 10 bleibende Anzahl von Sturmtagen auf die Monate April bis Juli an der Nordsee und Mai an der preussischen Küste fiel.

Eine besondere Tabelle der Abhandlung zeigt, dass die Sturmphänomene aller Stärken an Häufigkeit von der Nordsee bis Rügen und Umgebung zunehmen und dann wieder in erheblich geringerem Grade nach Osten hin abnehmen, für beide Jahreszeiten wie das Jahr, mit nur vereinzelten Ausnahmen für die Phänomene der Stärke 1. Mit hohen Stärken in ganz bedeutend zunehmendem Grade tritt Gruppe III durch ihre Sturmphänomene hervor; an nächster Stelle stehen die pommersche Küste und die westliche Ostsee und an vorletzter Stelle, aber auch noch die Nordsee weit überragend, die preussische Küste.

Die mittlere Dauer der Sturmphänomene ist in beiden Jahreszeiten an der Nordsee am kleinsten; sie nimmt in der warmen Jahreszeit nach Osten hin stetig zu, in der kalten Jahreszeit jedoch nur bis Rügen und hat dann an der pommerschen und der preussischen Küste wieder kleinere, einander gleiche Werte. Der kleinsten mittlern Dauer von $1\frac{1}{4}$ Tag im Sommer an der Nordsee steht als grösste Dauer eine solche von ca. $1\frac{1}{2}$ Tag im Sommer an der östlichen Ostsee und im Winter auf der Insel Rügen und Umgebung gegenüber.

Was die Ausbreitung der Sturmphänomene längs der Küste anbelangt, so reichten von den die Nordsee treffenden, im Sommer 24, im Winter 147 Sturmphänomenen 6, bezgl. 70 bis nach der preussischen Küste, also $\frac{1}{4}$, bezgl. $\frac{1}{2}$ der Zahl, während umgekehrt von den entsprechenden 44, bezgl. 209 Sturmphänomenen der preussischen Küste nur 6, bezgl. 70, also etwa $\frac{1}{7}$ bezgl. $\frac{1}{3}$ bis nach der Nordsee reichten, so dass die Ostsee weit stärker an den Stürmen der Nordsee als diese an den Stürmen der Ostsee beteiligt erscheint. Die Ostsee hat eben ein grosses Mass, ganze Kategorien von Sturmphänomenen für sich, die die Nordsee nicht berühren. Von 132 Sturmphänomenen der warmen Monate trafen nur 24, von 385 der kalten Monate nur 147 die Nordsee! Es gehörten entsprechend noch 80, bezgl. 169 den Gruppen I bis III allein an. Diese Zahlen zeigen zugleich die durch grössere Ausbreitung der Sturmphänomene gekennzeichnete grössere Sturmthätigkeit des Winters.

Bei weitem die grössten mittlern Stärken kommen den Sturmphänomenen zu, die sich von der Nordsee bis nach dem Osten der Ostsee ausbreiten, während die auf Gruppe I bis III beschränkten Phänomene bedeutend geringere Werte zeigen. Daher kommt den die Nordsee treffenden Sturmphänomenen bei weitem die grösste mittlere Stärke zu.

Schliesslich bemerkt Dr. Grossmann: »Dass das hier vorliegende, mit frühern in Einklang stehende, Resultat des geringern Sturmreichtumes der Ostsee im Vergleiche zur Nordsee wegen der gegenteiligen Ansicht der Seeleute nach wie vor Zweifeln begegnen werde, wird nach den Erfahrungen der Meteorologie zu erwarten sein. Es steht jedoch durchaus im Einklange mit den Erfahrungen im Sturmwarnungsdienste und muss deshalb als unbedingt richtig erachtet werden, bis das Experiment in überzeugender Weise das Gegenteil nachgewiesen haben sollte, was indessen kaum zu erwarten sein dürfte. Einwände, wie beispielsweise, dass die Beobachter an der Ostseeküste die Windstärken durchschnittlich niedriger schätzten als die der Nordseeküste, weil sie im allgemeinen weniger Fahrt auf den Ozeanen aufzuweisen hätten, dürften doch erst als richtig zu erweisen sein.

Nach obigen Darlegungen nimmt der Sturmreichtum im allgemeinen von der mittlern Ostsee, der Insel Rügen und Umgegend, nach Westen und Osten und besonders stark nach der Nordsee hin ab, wo er am geringsten ist. Jene mittlern Teile der Ostsee werden von den von Westen kommenden und den Stürmen der östlichen Ostsee meist getroffen und sind darum am sturmreichsten; auf sie entfällt auch der grösste Teil der Sturmwarnungen.

Die Untersuchung hat ferner gezeigt, dass man zu einer richtigen Würdigung des Erfolges der Sturmwarnungen nur gelangen kann, wenn man gleichzeitig auf die rechtzeitig gewarnten Sturmtage oder Sturmphänomene und auf die Sturmwarnungen basierte Trefferprozente heranzieht. Diese beiderlei Erfolgziffern, der Sturm- und der Signalerfolg, ergänzen sich gegenseitig.

Auf Sturmtage basierte Trefferprozente ergaben für die Monate Mai bis August meist wenig befriedigende, dagegen für die übrigen Monate meist befriedigende Resultate, besonders unter Berücksichtigung der verschiedenen Sturmstärken, indem gezeigt werden konnte, dass die schwerern Stürme der grossen Überzahl nach rechtzeitig gewarnt worden sind. Für die Stürme der westlichen Quadranten war der Erfolg erheblich grösser als für die Ostseite der Windrose.

Günstigere Resultate zeigten die auf die Sturmwarnungen direkt basierten Trefferprozente und besonders in der warmen Jahreszeit, für die die Zahl der rechtzeitig erlassenen Warnungen auch durchweg 50% überstieg.

Im allgemeinen stellte sich für die kalte Jahreszeit bei weniger günstigem Erfolge nach der Zahl der rechtzeitig gewarnten Sturmtage ein günstigerer Erfolg nach der Zahl der rechtzeitigen Warnungen und umgekehrt heraus, bedingt durch die gegensätzliche Verteilung der verfehlten Warnungen ohne nachfolgenden Sturm und der Sturmtage ohne rechtzeitiges Signal. Der grössere Erfolg nach Sturmtagen kommt dem Westen, nach Warnungen jedoch dem Osten zu; dafür haben wir hier mehr ungewarnte und verspätet gewarnte Stürme gegenüber der grössern Zahl der Fehlwarnungen ohne nachfolgenden Sturm an der Nordsee.

Die scheinbare Verschiedenheit der Handhabung des Sturmwarnungsdienstes, die hier hervortritt, erklärt sich aber, wie dargelegt werden konnte, der Hauptsache nach durch den grössern Grad der Schwierigkeit, den die rechtzeitige und sichere Prognostizierung der Stürme der warmen Jahreszeit und in der kalten Jahreszeit die Voraussage der spezifischen Ostseestürme, im Vergleiche mit der Vorausbeurteilung der Gesamtheit der Stürme der kalten Jahreszeit, sowie der in dieser Jahreszeit auch über die Nordsee ausgebreiteten Stürme bereitet.

Eine geringere Bedeutung kommt dem Mangel des Abend-Sturmwarnungsdienstes in den Sommermonaten zu, wenngleich ein solcher die Zahl der rechtzeitigen Warnungen etwas erhöht haben würde.

Ebenso hat die Lage der Sturmwarnungsstelle an der Nordsee für den Gegensatz der Sturmwarnungen des Westens und Ostens keine schwerwiegende Bedeutung, wenn auch in dieser Beziehung den Sturmwarnungen des Westens der Vorteil zu gute kommt, dass die Sturmwarnungsstelle über die Änderungen des Luftdruckes und des Wetters hier besser unterrichtet ist und aus der Beobachtung des Wolkenzuges wie besonders der Winde gelegentlich einen sichern Anhalt für die Sturmprognose gewinnen kann. Eine öftere Berichterstattung der ferner gelegenen Stationen der Küste über die Änderungen des Luftdruckes und der Winde zur Zeit kritischer Wetterlage würde diesen Einfluss der Lage der Zentralstelle wesentlich auszugleichen vermögen.

Nach allem muss für die Förderung des Sturmwarnungswesens zunächst als die Hauptaufgabe das intensive Studium der Stürme der warmen Jahreszeit und der spezifischen Ostseestürme der kalten Jahreszeit bezeichnet werden, wobei die Untersuchung der bisherigen Misserfolge wohl am schnellsten zum Ziele führen dürfte.

Um die Gefahr überraschend auftretender ungewarnter Stürme abzuschwächen, dürfte es vor der Hand kein richtigeres Mittel geben als die Ausführung des einen Vorschlages von Prof. van Bebber, einen teilweisen telegraphischen Austausch von Wetternachrichten der Stationen unter einander besonders zu Zeiten kritischer Wetterlage herbeizuführen. So würde es von wesentlichem Erfolge sein müssen, wenn in den passend gewählten Küstengebieten die am exponiertesten liegenden Stationen in Fällen des Ausbleibens einer Sturmwarnung bei Eintritt stürmischer Winde oder bei den Anzeichen ihres Herannahens den übrigen Stationen des Gebietes telegraphische Mitteilung machten, und diese für Bekanntgabe der eingegangenen Nachrichten durch Anschlag oder Signale Sorge trügen. Eine derartige Einrichtung würde aber auch für alle Zeiten, bei allen Fortschritten der Sturmprognose, von grösster Bedeutung bleiben, um den Gefahren der lokal auftretenden Stürme zu begegnen. Deren sichere und rechtzeitige Prognostizierung wird stets besondere Schwierigkeiten bieten, und es wird voraussichtlich die allgemeine Rechtzeitigkeit der Sturmsignale für solche Stürme nie ohne eine so ansehnliche Vermehrung der Fehlwarnungen ohne nachfolgenden Sturm zu erkaufen sein, dass diese nicht, in Anbetracht der immerhin geringern Bedeutung der lokalen Stürme, schwerwiegende Bedenken erregen müssten.

Da betont worden ist, in wie hohem Grade der durch die Förderung der Sturmprognose zu erzielende, vor allem erforderliche, innere Fortschritt des Sturmwarnungswesens die Möglichkeit der sichern Feststellung der Zeiten stürmischer Witterung verlangt, so gilt, bei der hervorgehobenen Unzulänglichkeit der bei der gewöhnlichen Aufstellung von der Umgebung beeinflussten Anemometer-Registrierungen, als eine Hauptforderung des Sturmwarnungswesens die Anstellung guter Windbeobachtungen an den Stationen der Küste, auf die bei der Anstellung der Stationsvorsteher ein besonderes Gewicht zu legen ist; in besonders hohem Grade muss dies aber für jene Signalstellen gelten, die ihre Windbeobachtungen zeitweise, zwecks Warnung vor Stürmen, oder auch regelmässig, wie die an Semaphorstellen berichteten Stationen, telegraphisch weiter geben, da bei mangelhaften Schätzungen der Windstärken derartige Einrichtungen ihre ganze Bedeutung verlieren müssten.

Trotz der zahlreichen Fehlerfolge des Sturmwarnungswesens darf diesem gewiss ein Erfolg schon jetzt nicht abgesprochen werden, da die grosse Zahl der rechtzeitigen erfolgreichen Warnungen manchem Verluste an Menschenleben und Besitz vorgebeugt hat. Um mehr zu erreichen, gilt es aber, neben der Verbesserung der Sturmwarnungen besonders auch dafür Sorge zu tragen, dass als eine weitere Hauptbedingung des Erfolges das Vertrauen der Küstenbevölkerung zu den Sturmsignalen gewahrt bleibe und nicht durch zu häufige, umsonst erlassene Warnungen verloren gehe. Es kann hiernach, wie nochmals betont werde, die Aufgabe des Sturmwarnungswesens nicht so weit gefasst werden, dass vor allen mehr lokalen und schwer vorauszusehenden Stürmen auf eine jede schwache Aussicht von Gefahr hin gewarnt werden solle, sondern sie wird wesentlich beschränkt bleiben müssen auf die Warnung der mit einiger Sicherheit vorauszusagenden Stürme; nicht die blosse »Möglichkeit« stürmischer Winde, sondern ein gewisser, abzuwägender Grad der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens wird zum Warnen Anlass geben dürfen, will man nicht anders schliesslich den ganzen Erfolg in Frage stellen.«

19. Elektrische Erscheinungen.

Elektrizitätszerstreuung in der freien Atmosphäre. Versuche hierüber hat, in Verbindung mit Geitel, J. Elster angestellt[1]), teils im Tieflande, teils auf dem Brocken und auf dem Säntis. Mit Hilfe eines modifizierten Exner'schen Elektroskops und eines aufsetzbaren Zerstreuungszylinders konnten Zahlenwerte für die während der Expositionszeit vom geladenen Elektroskope an die Luft abgegebenen Elektrizitätsmengen erhalten werden. Es erwies sich die Elektrizitätszerstreuung stark abhängig von der Gegenwart von Nebel, Dunst und Höhenrauch, und zwar in um so geringerem Masse, je trüber die Luft ist, während Windstärke und absolute Feuchtigkeit von unbedeutendem Einflusse sind. Im Tieflande ist sie für positive und negative Ladung im allgemeinen nahe gleich. Im Gebirge findet man an nebelfreien Tagen mit zunehmender Höhe zunehmende Zerstreuung, und zwar für beide Elektrizitäten, solange man in den Thälern sich befindet. Auf Bergspitzen ist der Verlust der negativen Elektrizität bei klarem Wetter viel grösser als der der positiven.

---

[1]) 71. Vers. deutscher Naturforscher in München 1899. Abt. für Physik u. Meteorologie. 2. Sitzung am 19. Septbr.

Bei Nebel sinken beide auf ein Minimum herab. Dieser polare Unterschied zeigt sich im Tieflande, wenn man das geladene Elektroskop mit einem vollständig geschlossenen Drahtkäfig umgiebt und isoliert aufstellt und diesen Drahtkäfig ladet. Ladet man den Drahtkäfig gleichnamig, so erfolgt die Zerstreuung im Innern viel rascher als bei ungleichnamiger Ladung. Die Ansicht, welche sich Elster auf Grund seiner Versuche bildete, ist folgende: Die Luft enthält Teilchen von teils positiver, teils negativer Eigenladung in ungefähr gleicher Menge. Elektrische Spannungen der Luft rühren von einem Überschuss der einen oder andern Teilchen her. Die Entladung eines geladenen Körpers in Luft wird durch die ungleichnamigen elektrischen Luftteilchen bewirkt, wenn sie mit dem Körper in Berührung kommen. Bei der Nebelbildung bilden die elektrischen Luftteilchen die Kondensationskerne; hierdurch wird ihre Masse vergrössert und ihre Beweglichkeit gehemmt. Die polaren Verschiedenheiten für die Zerstreuung der Ladung auf Bergspitzen erklärt sich aus der grossen Dichte, die die negative Erdelektrizität auf Bergen besitzt.

Zur Theorie der Luftelektrizität giebt Dr. Trabert[1]) im Anschlusse an eine Kritik der neuern Versuche von Pellat[2]) eine kurze Übersicht des jetzigen Standes der Frage.

»Man hat,« sagt er, »ursprünglich in der Verdampfung eine Elektrizitätsquelle zu erblicken geglaubt, man hat dann in der Kondensation des Dampfes eine solche vermutet, und schliesslich, nachdem die beiden Annahmen durch Versuche widerlegt waren, hat man ein Mitführen der Elektrizität von einer verdampfenden elektrischen Flüssigkeitsoberfläche durch den Dampf angenommen, und F. Exner hat hierauf eine Theorie der Luftelektrizität gebaut, welche in vielen Punkten auch den zu erklärenden Erscheinungen gerecht wird.

Die physikalische Grundlage dieser Theorie, die Konvektion der Elektrizität durch den Dampf, ist viel umstritten. Zum Nachweise der Thatsache dieser Konvektion hat man sich bisher zweier Methoden bedient. Man hat versucht, den Elektrizitätstransport direkt nachzuweisen, sei es am Dampf, sei es durch Elektrizitätsübertragung auf einen isolierten Leiter, oder man hat indirekt diesen Nachweis versucht, indem man aus einer Beschleunigung der Verdampfung einer Flüssigkeit durch Elektrisierung derselben auf elektrische Kräfte schloss, welche auf die Dampfmoleküle wirken, woraus mit Notwendigkeit deren Elektrisierung folgt.

Was zunächst diese letztere Methode anbelangt, so hat zuerst Mascart nachgewiesen, dass durch ein elektrisch geladenes Drahtgitter über einer Wasserfläche deren Verdampfung beschleunigt werde,

---

1) Meteorol. Zeitschr. 1899. Heft 7. p. 377.
2) Journ. de Physique III. Ser. 8. 1899. p. 253.

und F. Exner hat mit Hilfe eines Horizontalmanometers direkte Messungen der Beschleunigung der Verdampfung durch Elektrisierung einer Flüssigkeit vorgenommen. Lecher hat dann aber gezeigt, dass diese raschere Verdampfung eine Folge des elektrischen Windes sei, dass also diese Methode überhaupt nicht zu einer Entscheidung der Frage herangezogen werden kann. Nebenbei möge übrigens bemerkt werden, dass, wenn die im Detail nicht mitgeteilten Versuche von Wirtz einwurfsfrei wären, eine Beschleunigung der Verdunstung elektrisierter Flüssigkeitsflächen überhaupt nur eintreten würde, wenn die Oberfläche der Flüssigkeit mit Staub bedeckt ist.

Es hat also jedenfalls nur die erste, direkte Methode Aussicht auf Erfolg.

Was nun zunächst den Nachweis der Elektrizität auf dem Dampf selbst anbelangt, so konnte Exner zu keinem Resultate gelangen, und es hat auch bisher nur Lecher bei Anwendung sehr grosser Spannungen (25000 Volt) eine Influenzwirkung einer Wolke elektrisierter Teilchen nachweisen können, er lässt aber die Frage offen, ob man bei einer grossen Dichte der Elektrizität es noch mit einem Verdampfen in gewöhnlichem Sinne zu thun habe, oder nicht vielmehr mit einer Art Zerstäubung der Flüssigkeit.

Man hat daher immer das Übertragen der Elektrizität von der verdampfenden Fläche auf einen isolierten Leiter nachzuweisen versucht. Blake hat bei seinen Versuchen keinerlei Übergang von Elektrizität gefunden, es hat aber dann Exner gezeigt, dass bei rasch verdampfenden Flüssigkeiten, wie Alkohol und Äther, die aus einem elektrisierten und wohl isolierten Porzellanschälchen verdampfen, auf ein darunter befindliches isoliertes Metallgefäss Elektrizität übertragen werde.

Wie Sohncke nachgewiesen hat, kann man aber genau dieselben Resultate erhalten, wenn man statt der verdampfenden Flüssigkeit eine Kältemischung anwendet, woraus folgt, dass die Elektrizitätsübertragung nicht dem Dampfe zugeschrieben werden kann. Sohncke hat vielmehr nachgewiesen, dass es die durch die Temperaturdifferenz bewirkten Luftströmungen sind, welche für die Elektrizitätszerstreuung verantwortlich zu machen sind. Schon Mascart hatte übrigens bemerkt, dass Temperaturänderungen Störungen bei seinem Versuche hervorbringen, durch welche die ganze Erscheinung aufgehoben werden kann. Auch Schwalbe ist zu dem gleichen Resultate gekommen, und es kann als bewiesen angesehen werden, dass der Elektrizitätstransport durch Staubteilchen erfolgt und durch das Vorhandensein von Luftströmungen beschleunigt wird. Wir kommen also zu dem Schlusse: Die Beschleunigung der Verdampfung durch Elektrisierung ist nicht beweisend, die Ladung des Dampfes selbst ist (ausser bei enormen elektrischen Dichten) nicht nachweisbar, und ein Transport der Elektrizität durch den Dampf findet nur scheinbar statt, der Übergang erfolgt vielmehr in Wirklichkeit durch Elektrizitätszerstreuung und erfolgt ohne verdampfende Fläche genau so rasch,

wenn nur durch andere Vorkehrungen für eine gleiche Ursache der Luftzirkulation gesorgt ist.

Dies ist der gegenwärtige Stand der Frage, ob bei der Verdampfung einer elektrischen Wasserfläche von dem Dampfe Elektrizität mitgeführt werde.

Es hat nun neuerlich Pellat Versuche gemacht, um das Vorhandensein einer Konvektion der Elektrizität durch den Dampf nachzuweisen. Die Versuchsanordnung war dabei die folgende: Einer flachen (5 *mm* tiefen), gut isolierten Schale wurde bei im übrigen gleichen Nebenumständen — einmal leer, das andere Mal mit Wasser gefüllt — eine bestimmte Ladung erteilt. An einem Quadranten-Elektrometer wurde nun der Verlust an Ladung in einer bestimmten Zeit gemessen.

Übereinstimmend ergab sich der Verlust mit Wasser grösser als bei leerer Schale; Pellat schliesst hieraus, dass die Ursache in der Elektrizitätskonvektion durch den Wasserdampf zu suchen sei, und er berechnet daraus die Geschwindigkeit des Elektrizitätsverlustes durch Verdampfung.

Auch wenn man dieser Berechnung beipflichten könnte, muss doch der Schluss von Pellat, dass der Unterschied bei leerer und mit Wasser gefüllter Schale für die Konvektion der Elektrizität durch den Dampf beweisend sei, bestritten werden. Sohncke und Schwalbe, deren Arbeiten Pellat nicht berücksichtigt, haben, wie erwähnt, bereits vor längerer Zeit diese Schlussfolgerung widerlegt. Im Wesen sind ja auch ihre Versuche von den neuern Pellat's gar nicht verschieden, mit alleiniger Ausnahme des Umstandes, dass sie durch mannigfache und sorgfältige Abänderung des Versuches den Nachweis lieferten, dass die Unterschiede auf Luftströmungen zurückzuführen seien.

Der Stand der Frage nach der Konvektion der Elektrizität durch den Wasserdampf ist also auch durch die Versuche Pellat's in Nichts verändert worden. Nach wie vor fehlt jeder Nachweis, dass durch den Dampf von einer elektrischen Flüssigkeitsoberfläche eine in Betracht kommende Elektrizitätsmenge weggeführt werden könnte.

Das einzige Argument für diese Annahme ist noch immer der Schluss Exner's; wenn wir einen isolierten und elektrisierten Tropfen reinen Wassers verdampfen, so muss sich die Elektrizität auf dem Dampfe vorfinden. Wenn dies Sohncke bestreiten will und als schliessliche Elektrizitätsträger die Staubkerne der Tropfen herbeiziehen möchte, so haben wir es hierbei zweifellos mit einer so gezwungenen Schlussweise zu thun, dass sie kaum ernsthaft in Betracht zu ziehen ist. Es ist ganz zweifellos, dass der Dampf einen Teil der Ladung der Flüssigkeit mitnehmen wird, die Frage ist allein die: wie viel? Es fragt sich: ist die auf dem Dampfe mitgeführte Elektrizitätsmenge quantitativ hinreichend, um jene Veränderung

des Potentialgefälles der Luftelektrizität zu erklären, wie wir sie beobachten?«

Es ist unmöglich, in exakter Weise unter gewissen plausiblen Annahmen theoretisch zu berechnen, wie viel der Dampf an Elektrizität mitführen muss, Dr. Trabert bringt aber eine Art Wahrscheinlichkeitsbeweis dafür, dass die auf diese Weise in die Atmosphäre gelangenden Elektrizitätsmengen verschwindend klein sind.

Die experimentelle Darstellung von Kugelblitzen ist von Stéphane Leduc versucht worden[1]). Er brachte zwei sehr feine, blankpolierte Metallspitzen in Verbindung mit den Polen einer Holtz'schen Maschine und stellte sie senkrecht auf die empfindliche Seite einer photographischen Platte, welche auf einem Metallblech auflag. Die Entfernung beider Spitzen betrug 5—10 *cm*. Unter dem Einflusse des elektrischen Stromes bildet sich alsdann am positiven Pole eine Aureole, während sich am negativen Pole eine leuchtende Kugel entwickelt, welche immer grösser wird, bis sie sich endlich vom Pole ablöst, worauf dieser sofort vollständig nichtleuchtend wird. Die Kugel strebt nun, den positiven Pol zu erreichen, doch ist ihre Fortbewegung eine derart langsame, dass sie den Weg von wenigen Centimetern erst nach 1—4 Minuten zurückgelegt hat. Sie macht Umwege, hält zuweilen vollständig an und zerplatzt nicht selten in eine grössere Anzahl kleiner Kugeln, deren jede alsdann selbständig ihren Weg zum positiven Pole fortsetzt. Sobald das Phänomen am positiven Pole angelangt ist, erlischt auf der Stelle jeglicher Lichteffekt, und es ist, als ob zwischen den beiden Polen eine metallische Verbindung existierte.

Wurde während der Bewegung des Feuerballes Schwefelpulver auf die Platte gestreut, so bildeten sich in der Bahn hinter den Kugeln viele kleine Lichtperlen, ähnlich den oft beobachteten sogenannten Perlschnurblitzen.

Photographische Aufnahmen des Blitzes. Gute Blitzphotographien sind selten, auf den meisten kommt der Blitz nur als dünne Linie zum Vorscheine. Von den interessanten Bandblitzen giebt es nur wenige Aufnahmen, so die 1884 Juli 16 10^h von Prof. Kayser aufgenommene, die damals als erste Abbildung grosses Aufsehen erregte. A. L. Rümker von der Hamburger Sternwarte berichtet nun über einen sehr interessanten Fall[2]) folgendes: »Mir gelang es, am 23. August, 6^h 35^m, 1898 von der Hamburger Sternwarte aus einen Bandblitz aufzunehmen, der in die Deutsche Seewarte einschlug. Hier haben wir den seltenen Fall, dass die Entfernung des Einschlagepunktes vom Aufnahmepunkte genau bekannt ist; sie beträgt 500 *m*. Aus der Brennweite des Objektives von 22 *cm* ergiebt sich daher die Blitzbreite zu etwa 10 *m*. Das gleiche Resultat erhalten

---

1) Comp. rend. **129**. p. 37.
2) Himmel und Erde **11**. p. 134.

wir aus der Breite des Ostturmes der Seewarte, die 8 *m* in natürlicher Grösse, 0.4 *cm* im Apparate beträgt, und der Blitzbreite auf der Platte von 0.5 *cm*. Diese Breite stimmt mit der Berechnung Piltschikoff's, dessen Bandblitz auf 12 *m* 50 *cm* angegeben wird, gut überein.

Auch auf physikalischem Wege ist es gelungen, dem Bandblitz ähnliche Funken zu erzeugen, die auf der Photographie die Hauptmerkmale deutlich zeigten und manches Rätselhafte dieser ältern Erscheinung klarlegten. — Auf Grund dieser Beobachtungen ist es zweifellos, dass der Wind Einfluss auf die Bandform des Blitzes ausübt.

Die Hauptmerkmale sind kurz folgende: An einem Rande des Blitzes befindet sich immer eine besonders helle Linie, die nach der Bandseite hin horizontale kleine Stäbchen auszustrahlen scheint; diese Linie ist erwiesenermassen der Anfangsfunke. Von diesem Hauptblitze allein gehen auch die Seitenverästelungen aus, die man stets mehr oder minder deutlich bis zur Hauptlinie verfolgen kann. Auf unserer Photographie sind die Verästelungen, zwei rechts, zwei links, nur schwer zu erkennen. Die Form der Erscheinung ist die eines leichten, dunklen Seidenbandes, das von hellen, senkrechten Fäden durchzogen, im Winde flattert. Trouvelot gelang es sogar, eine Drehung eines derartigen Blitzbandes zu photographieren. Wie das Band von hellen Fäden, so ist der Blitz von einer Reihe mehr oder minder hell leuchtender Linien durchzogen, deren Zahl keine bestimmte ist. — Die wellenförmigen Krümmungen der Linien sind einander parallel, der Abstand bleibt immer derselbe. In der Mitte des Blitzes befindet sich ein bisher unerklärter, dunkler, breiter Zwischenraum. Auch die merkwürdigen, horizontal und parallel gehenden Seitenstrahlen des Anfangsblitzes, die denselben aber kaum berühren, entbehren bisher einer bestimmten Erklärung, wie überhaupt die ganze Erscheinung noch viel Rätselhaftes darbietet

Sicher ist wohl nur, dass der Wind eine Hauptrolle bei dieser Blitzform spielt.

Jede Blitzentladung dauert bedeutend längere Zeit als die, welche wir auf physikalischem Wege herstellen können. Man kann also eine mehrfache Entladung in sehr kurzen Zwischenräumen annehmen, mag diese nun von oben nach unten allein oder auch, wie Prof. Kayser annimmt, abwechselnd nach unten von oben und von unten nach oben vor sich gehen. — Treibt nun der Wind, der damals aus WSW kam — die Photographie ist in Südrichtung aufgenommen — den erhitzten Luftkanal des Anfangsblitzes zur Seite, so kann eine solche Erscheinungsform wie der Bandblitz entstehen. — Die Windstärke, zur Zeit des Gewitters auf der Deutschen Seewarte gemessen, betrug 14 *m* in der Sekunde, doch wird dieselbe in den höhern Regionen, von denen der Blitz ausging, eine bedeutend grössere gewesen sein, und dürften die aufeinanderfolgenden Ent-

ladungen des 10 *m* breiten Blitzes innerhalb einer halben Sekunde erfolgt sein.

Mir ist eine besonders lange Dauer des Blitzes nicht aufgefallen, dagegen war der Donner, der gleich darauf erfolgte, von einem gewaltigen Krachen begleitet.

Die Sternwarte selbst war, wie Augenzeugen berichten, von einem Flammenmeere umgeben, ohne dass der Schlag ausser in den Telephon- und Telegraphenleitungen ernstlichen Schaden anrichtete.«

Böenstudien gelegentlich des Gewitters vom 22. Juni 1898 hat R. Börnstein angestellt[1]). Jener Tag zeichnete sich durch eine ungewöhnlich grosse Zahl von Gewittern, sowie auch dadurch aus, dass die Störung des atmosphärischen Gleichgewichtes in den Barogrammen mehrerer deutscher Stationen aufgezeichnet wurde. Unter den Gewittern hatte die grösste Stärke und Ausdehnung eines, welches zur Mittagszeit zwischen dem obern Rheine und der Ems begann und ostwärts fortschreitend mit erheblich gegen N und S verlängerter Front seine grösste Erstreckung (von Mecklenburg bis zur bayrischen Nordgrenze) um 9^h nachmittags erreichte, um dann nach rascher Verkürzung der Front gegen Mitternacht am untern Teile der Oder zu enden. Diesem Gewitter gehören sechs Barogramme an, deren eines (Uslar) einem Richard'schen Aneroidbarographen entstammt, während an den übrigen Stationen Sprung'sche Laufgewichtsbarographen funktionierten. Die Kurven erscheinen in ihren Einzelnheiten recht wohl vergleichbar, jede zeigt eine zweimalige Druckzunahme mit ähnlichen Formen, nur die zweite der »Gewitternasen« tritt an vier Stationen in spitzer Gestalt auf, während sie in Magdeburg und Berlin N breit und niedrig ist, dabei aber doch überall ungefähr gleich lange gedauert hat. Behufs genauerer Darstellung des Fortschreitens der ganzen Erscheinung hat Börnstein für die mittelste (höchste) Spitze dieser zweiten »Gewitternase« die Eintrittszeit so genau, als es die Barogramme gestatteten, bestimmt und für die unten geschilderte Rechnung folgende Zahlen benutzt:

	Geographische Länge	Geographische Breite	Eintrittszeit des Maximums der zweiten »Gewitternase«
Uslar	9° 38′	51° 40′	6^h 44^m nachm.
Magdeburg .	11 37 56.2″	52 7 46.3″	9 5 »
Potsdam . .	13 3 45	52 22 56	10 47 »
Spandau . .	13 14 3	52 31 43	11 3 »
Berlin W . .	13 24 5	52 31 2.8	11 13 »
Berlin N . .	13 22 58	52 31 54.3	11 15 »

Für die Berechnung wurde angenommen, dass die in den Barogrammen zur Wahrnehmung gekommene Erscheinung an der als eben gedachten Erdoberfläche mit gleichbleibender Richtung und

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 1.

Geschwindigkeit fortgeschritten sei. Ferner wurde auf Grund der bisherigen Erfahrung und der im vorliegenden Falle gezeichneten Isobronten vorausgesetzt, dass die Fortschreitungsrichtung senkrecht zur Gewitterfront, resp. Böenlinie stehe, wobei als »Böenlinie« insbesondere diejenige zu denken ist, welche den für die Messung ausgewählten höchsten Punkt der zweiten »Gewitternase« enthält und mit ihm fortschreitet.

Nach von Börnstein entwickelten Formeln wurden durch Einsetzen der aus sämtlichen Barogrammen gewonnenen Werte die mittlern Beträge der Geschwindigkeit und Richtung der Böenlinie für die ganze Strecke von Uslar bis Berlin N berechnet, hieraus nach Weglassung von Uslar das Gleiche für Magdeburg bis Berlin N, und zuletzt nach Weglassung auch von Magdeburg das Nämliche für die Berliner Umgegend allein (Potsdam—Berlin N). Die Ergebnisse sind:

	v		180° — α
Uslar bis Berlin N . . .	56.3 *km*	in der Stunde	47° 36′
Magdeburg bis Berlin N .	58.2	» » » »	58 50
Potsdam bis Berlin N . .	62.3	» » » »	57 10

Die Winkel 180° — *a* geben die Neigung der Böenlinie gegen die Richtung OW an und zeigen, dass die Böe hinter Magdeburg etwas nach rechts, hinter Potsdam ganz wenig nach links schwenkte. Demgemäss erscheint die Geschwindigkeit um so grösser, je kürzer die betrachtete Strecke ist, denn um so mehr entspricht die Voraussetzung unverändert bleibender Richtung der Wirklichkeit, während auf der längern Strecke die Böe Schwankungen der Fortschreitungsrichtung zeigte, die eine grössere Geschwindigkeit erforderten, als bei geradem Wege in der gleichen Zeit nötig gewesen wäre. Immerhin weichen aber die Zahlen nicht so stark voneinander ab, dass man unter Berücksichtigung der bei den Zeitangaben erreichbaren Genauigkeit unsere vorausgeschickte Annahme konstanter Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung als bedenklich ansehen müsste.

Zeichnet man hiernach die Böenlinie in die Karte hinein, so ergiebt sich eine Frontlänge von mindestens 70 *km*, denn so gross ist der Abstand derjenigen beiden Punkte, mit welchen sie über Uslar und über Potsdam gegangen ist. Als gesamte, aus den Barogrammen nachweisbare Weglänge ergiebt sich eine Strecke von etwa 260 *km*.

Die Jahresperiode der Gewitter an der mittlern norwegischen Küste. In den meteorologischen Lehrbüchern findet sich die Bemerkung, dass in Bergen die Gewitter im Winter häufiger sind als in den andern Jahreszeiten. Nach Mohn ist dies ein Irrtum [1]), denn im Mittel der Jahre 1867—1883 ergiebt sich folgendes:

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899, p. 328.

Häufigkeit der Gewitter	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Küste Söndre Bergenhus % . . .	6.8	3.6	1.6	0.5	3.4	9.1	23.5	25.5	7.8	9.4	5.9	2.9	100
Küste Nordre Bergenhus % . . .	11.9	3.1	3.1	2.8	3.8	5.2	16.4	14.9	11.5	12.6	8.4	6.3	100

Die neueste Statistik giebt für Bergen:

	Zahl der Tage mit Gewitter												
Bergen	0.4	0.1	0.1	0.0*	0.2	0.2	0.4	0.9	0.3	0.4	0.3	0.3	3.6

Die Gewitter in Ungarn sind auf Grund 25jähriger Aufzeichnungen (1871—1895) an den dortigen meteorologischen Stationen von Dr. Héjas untersucht worden. Aus der in ungarischer Sprache erschienenen Originalabhandlung giebt S. Róna einen Auszug, dem das Nachstehende entnommen ist[1]).

Gang des Luftdruckes an Gewittertagen. »Während der 25 Jahre wurden in Budapest insgesamt 562 Gewitter beobachtet, in 467 Fällen sind charakteristische Schwankungen der Kurven bemerkbar (83.1 %), in 80 Fällen zeigt die Kurve keine besondern Merkmale (14.2 %), und 15 Fälle sind unentschieden (2.7 %), weil die Barogramme fehlen. Es treten also die meisten Gewitter mit stärkern Luftdruckschwankungen auf. Die Gewitterkurven geben ein mannigfach gestaltetes Bild, das von kleinen Vibrationen bis zu gewaltigen, mehrere Millimeter betragenden Sprüngen variiert. Der Form nach können sie in zwei Typen gereiht werden, je nachdem die Schwankungen sprungweise oder wellenartig auftreten, und zwar sind die ersten häufiger; allgemein dominiert in beiden Fällen die steigende Tendenz. Die Hinzuziehung der Aufzeichnungen über den Zeitpunkt des Gewitteranfanges ergiebt, dass der Ausbruch des Gewitters mit dem Anfange der Barometerschwankung in der überwiegenden Zahl der Fälle übereinstimmt, und dass die Kurve vor dem Gewitter fallend, hingegen nach dem Gewitter steigend ist. Anderseits wurde die Zusammengehörigkeit der Gewitter und typischer Luftdruckschwankungen durch Beantwortung der umgekehrten Frage untersucht, ob auch jeder typischen Schwankung ein Gewitter entspricht. Es fanden sich 226 solche Luftdruckkurven vor, die ähnliche charakteristische Schwankungen zeigen wie die Gewitterkurven. Darunter sind 88 Fälle, in denen Gewitter zu einer frühern Stunde waren; in allen andern Fällen fand kein Gewitter statt, sondern es kamen heftige Niederschläge, Windstösse, plötzliche Trübungen vor, oder es wurden aus andern Landesteilen Gewitter gemeldet. Sehr gering ist die Zahl jener Kurven, deren typische Schwankungen von keinerlei besondern Wettererscheinungen begleitet waren.

Da es auch solche Gewittertage giebt, an welchen die Barometerkurve überhaupt keine bemerkbaren Zeichen trägt, so kann man die erwähnte typische Schwankung nicht als unbedingte Folge des Gewitters betrachten, sondern die Quelle derselben ist in solchen Störungen der Atmosphäre zu suchen, welche sich gleichzeitig auch bei Gewittern zu äussern pflegen.

Eine detaillierte Untersuchung über den Zusammenhang der Regenmenge mit den Gewittern führte zu dem numerischen Nachweise der Thatsache, dass die Sommerregen meist gewitterlichen Ursprunges sind. Von

---

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 219.

den Monatsummen des Regens entfällt in Prozenten auf Gewitterregen (in Budapest):

März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.
4.1	14.4	43.1	60.7	51.1	48.5	20.7	6.1%

Besonders auffallend ist der Umstand, dass das Regenmaximum im Juni hauptsächlich den Gewittern zuzuschreiben ist.«

Geographische Verteilung der Gewitter. »Am zahlreichsten sind die Gewitter in dem Küstengebiete der Adria, in den Ausläufern der steirischen Alpen, in den nordöstlichen Karpathen, den Biharer Bergen und überhaupt in bewaldeten Gebirgsgegenden und einigen sumpfigen Gebieten des Alfölds, während gewitterarm sind: das kleine ungarische Tiefland, der obere Teil des Donau-Theiss-Gebietes, die Gegend zwischen der Maros und Körös und überhaupt das gleichförmige und baumarme Flachland.«

Der jährliche Gang der Gewitter. »Von jedem Jahre wurden sämtliche Gewitter nach Monaten tabellarisch zusammengestellt, und hierbei zeigte sich, dass die Gewitter zu Ende des Frühlings und Anfang des Sommers am häufigsten aufzutreten pflegen. In Prozenten des Jahresmittels ist die Verteilung der Gewitter auf die einzelnen Monate folgende:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
0.1	0.4	1.3	5.7	16.2	25.8	23.3	17.0	6.9	2.4	0.6	0.3

Ein ausgesprochenes Maximum im Juni — auf diesen Monat entfallen ein Viertel sämtlicher Gewitter — und ein Minimum im Januar charakterisieren den Gang der Gewitter. Auch von den Tagen mit Wetterleuchten wurde der jährliche Gang dargestellt, und abweichend von dem Gange der Gewitter ist das Maximum des Wetterleuchtens im August; im allgemeinen gehört diese Erscheinung vornehmlich der heissen Sommerjahreszeit und dem Sommerende an.

Es zeigt sich in eklatanter Weise, dass das Maximum der Gewitterhäufigkeit überwiegend auf den Juni fällt. Durch Berechnung von Pentadenwerten wurde der Zeitpunkt der maximalen Gewitterhäufigkeit noch genauer angegeben, und zwar auf die erste Junipentade; ein zweites Maximum der Gewitterhäufigkeit folgt dann in der ersten Julipentade. Im ganzen besteht zwischen dem Gange der Gewitter und jenem der Temperatur ein Parallelismus, jedoch erreichen die Gewitter früher ihren Kulminationspunkt als die Temperatur.«

Héjas findet eine nennenswerte Zunahme der Gewitter zu Ende der 80er Jahre und in den 90er Jahren. In den 70er Jahren und der ersten Hälfte der 80er Jahre entfielen durchschnittlich auf eine Station 21 bis 22 Gewittertage — die Zahl stieg in der zweiten Hälfte der 80er Jahre auf 23, in den 90er Jahren auf 24. Die Zunahme kann nicht auf Rechnung einer sorgfältigern Beobachtung gestellt werden, weil sie auch bei solchen Stationen zur Geltung kommt, an denen derselbe Beobachter während des ganzen Zeitraumes verblieb. Im übrigen lässt sich hieraus keine Schlussfolgerung für die Zukunft ziehen, denn es ist nicht erwiesen, dass die Gewitterhäufigkeit auch fernerhin im Wachsen begriffen ist.

Die mangelhafte Aufzeichnung der Gewitterbeobachtungen tritt erst recht zu Tage, wenn der tägliche Gang der Gewitter bestimmt werden soll, denn in den wenigsten Fällen ist der genaue Zeitpunkt des Gewitterausbruches angegeben. Der Verf. musste sich mit ungefähr 20 Stationen begnügen, um die Tagesperiode abzuleiten. Die Stationen wurden in westliche und östliche geteilt, wobei der untere Lauf der Theiss — gegen N verlängert — als Grenzlinie angenommen wurde.

Aus der Zahlenreihe erhellt, dass Gewitter zum überwiegenden Teile den Nachmittagsstunden angehören, und zwar fällt das Maximum auf 1—5^h nachmittags. Unverkennbar tritt das Maximum der Gewitterhäufig-

keit im O zu einer frühern Tagesstunde — um 2h nachmittags — ein, als im W — um 4h nachmittags. Dem zu Folge ist der aufsteigende Ast der Tageskurve im O auch erheblich steiler als im W.

Zur Feststellung der Richtung der Gewitterzüge wäre das Material auch zu mangelhaft, wenn dieselbe nicht schon aus den Aufzeichnungen weniger guter Stationen mit ziemlicher Sicherheit zu konstatieren wäre. An zwölf Stationen ist die Zugrichtung von 4061 Gewittern verzeichnet; davon entfallen in Prozenten auf die einzelnen Himmelsrichtungen:

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
8.1	7.2	7.6	8.9	14.1	23.2	19.3	11.6%

Zumeist kommen Gewitter aus SW und dem angrenzenden W und S, am seltensten kommen sie aus NO.

Den Jahrbüchern des königlich ungarischen statistischen Amtes ist eine interessante Statistik über zündende Blitze entnommen, wobei auch deren Verhältnis zu sämtlichen Feuerschäden berücksichtigt wurde. In der folgenden Zusammenstellung verstehen wir unter »Fälle« die Anzahl der zündenden Blitze, unter Prozente aber dieselbe, ausgedrückt in Prozenten sämtlicher Feuerschäden:

Zündende Blitze.

Jahr	Fälle	%	Jahr	Fälle	%	Jahr	Fälle	%
1881	100	1.80	1886	319	3.16	1891	302	2.76
1882	142	1.79	1887	236	2.23	1892	350	3.17
1883	195	2.49	1888	232	2.03	1893	233	2.22
1884	229	2.66	1889	258	2.50	1894	333	2.93
1885	192	1.98	1890	265	2.13	—	—	—
1881—1885	172	2.14	1886—1890	262	2.41	1891—1894	304	2.77

Eine flüchtige Betrachtung dieser Zahlen zeugt schon für eine wachsende Tendenz der zündenden Blitze in den letzten Jahren. Bezüglich ihrer territorialen Verbreitung lässt sich allgemein sagen, dass durch Blitz entstandene Feuerschäden in den Ausläufern der Alpen am häufigsten und im SO der grossen ungarischen Tiefebene am seltensten vorkommen.

An der Hand der synoptischen Wetterkarten untersuchte Héjas jene Isobarenformen, welche den Gewitterbildungen besonders günstig sind. Zu diesem Zwecke wurden aus dem Dezennium 1886—1895 die Karten solcher Tage genommen, an welchen die meisten Gewitter beobachtet wurden. Solche fanden sich in diesem Zeitraume insgesamt 330. Letztere wurden dann in Typen eingereiht, woraus sich folgende Schlussfolgerungen ergaben: In erster Reihe sind Gewitter am häufigsten, 1. wenn zwischen einem westlichen und östlichen Barometermaximum in Ungarn der Luftdruck verhältnismässig niedrig ist, 2. wenn sich ein Maximum aus dem Golfe von Biscaya bis zu den Alpen erstreckt, ein tiefes Minimum im NW liegt, und gleichzeitig über Oberitalien eine flache Depression zur Entwickelung kommt, die ihren Weg gegen Ungarn nimmt, 3. wenn Ungarn selbst der Schauplatz einer geschlossenen Depression ist, oder eine Depression grösserer Ausdehnung ganz Mitteleuropa bedeckt, 4. wenn bei geringen Druckdifferenzen in Europa ziemlich gleichmässig hoher Luftdruck lagert.

Ausserdem lässt sich konstatieren, dass eine auf das ganze Land sich erstreckende Gewitterbildung zum Ausbruche kommt, wenn sich in Ungarn eine geschlossene Depression befindet, oder wenn Ungarn in das Gebiet eines niedrigen Druckes von grosser Ausdehnung gehört — während lokale, sich auf isolierte Landstrecken beschränkende Gewitterbildungen an der Tagesordnung sind, wenn die Luftdruckverteilung bei ziemlich hohem Barometerstande eine gleichmässige ist.«

Die Zunahme der Blitzgefahr während der letzten 60 Jahre bildete den Gegenstand einer neuen Untersuchung von Prof. W. v. Bezold[1]).

Als Verf. 1869 zum erstenmale den Versuch machte, die Brandversicherungsstatistik für die Gewitterkunde zu verwerten, fiel ihm sofort auf, dass die Zahl der Beschädigungen durch Blitz, welche versicherte Gebäude getroffen hatten, seit Anfang der vierziger Jahre in dem von ihm untersuchten Gebiete, d. h. in Bayern rechts des Rheines, wenn auch mit periodischem Nachlassen, so doch im grossen und ganzen in beinahe stetiger Zunahme begriffen war.

Wiederaufnahme der gleichen Untersuchung in den Jahren 1874 und 1884 ergab, dass diese Zunahme bis zu den zuletzt genannten Zeitpunkten immer noch fortdauerte.

Inzwischen hatte man auch anderwärts dieser Thatsache Aufmerksamkeit geschenkt, und hatte insbesondere Gutwasser den Nachweis geliefert, dass im Königreiche Sachsen die gleiche Erscheinung, und zwar in noch erhöhtem Masse, hervorgetreten sei. Am nachdrücklichsten aber hat sich später, wenn auch wesentlich von dem Standpunkte des Versicherungswesens aus, der Direktor des Feuerversicherungs-Verbandes in Mitteldeutschland, Kassner, mit dem Gegenstande beschäftigt und zuerst im Jahre 1889 und dann im Jahre 1892 hierauf bezügliche umfangreiche statistische Zusammenstellungen veröffentlicht

In der ersten dieser Abhandlungen hat nur Mitteldeutschland Berücksichtigung erfahren, während in der zweiten die Untersuchung auf ganz Deutschland ausgedehnt wurde.

Dabei ergab sich, dass die von Bezold zuerst für Bayern nachgewiesene Zunahme der Blitzgefahr sich auf ganz Deutschland erstreckt, und dass bei einer Zerfällung in die zwei Abschnitte von 1876—1883 und von 1884 bis 1891 nur ganz vereinzelte Gebiete eine noch dazu höchst unbedeutende. vermutlich nur vorübergehende Abnahme zeigen.

Im Hinblicke auf diese Ergebnisse, sowie auf eine erst kürzlich von Th. Arendt veröffentlichte Abhandlung, hat Prof. v. Bezold nunmehr untersucht, wie sich die Verhältnisse in dem von ihm zuerst ins Auge gefassten Gebiete, nämlich in Bayern, seit seiner letzten Veröffentlichung gestaltet haben.

Abgesehen davon, dass für Bayern die Angaben weiter zurückreichen, als für irgend ein anderes der bisher in Betracht gezogenen und wegen der anderwärts mangelnden Aufzeichnungen wohl überhaupt in Betracht zu ziehenden Länder, eignen sich die aus diesem Gebiete stammenden Zahlen besonders gut für strengere Untersuchungen, da für Bayern auch die Zahl der versicherten Gebäude für jedes Jahr zur Verfügung steht.

Dadurch wird es möglich, die Zahl der Blitzschläge in versicherte Gebäude immer auf einen bestimmten Normalstand zu reduzieren, was bei den von Kassner mitgeteilten Zahlen nur für lange Zeiträume möglich ist.

Eine solche Reduktion auf eine Normalzahl, als welche Prof. v. Bezold eine Million versicherter Gebäude gewählt hat, ist aber unerlässlich, wenn man von den Schwankungen der Blitzgefahr im Laufe der Jahre ein klares Bild erhalten will. Die von Prof. v. Bezold erhaltenen Zahlen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

---

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wiss. 1899. p. 291.

Schadenblitze im Königreich Bayern.

Jahr	Versicherte Gebäude in Tausenden	Zahl der Blitzschläge mit Gebäudebeschädigung	Anzahl der Fälle pro Million Gebäude		Wolf'sche Relativzahlen	
			roh	abgerundet	roh	abgerundet
1833	1021	17	16.6		8.5	
34	1025	57	55.7	43.3	13.2	23.0
1835	1061	48	45.3	40.0	56.9	62.2
36	1083	15	13.9	*27.5*	121.8	109.7
37	1085	40	36.9	27.9	**138.2**	**125.8**
38	1085	26	24.0	29.3	103.1	107.6
39	1088	35	32.2	31.7	85.8	84.5
1840	1090	42	38.6	33.7	63.2	62.2
41	1095	28	25.6	27.7	36.8	40.2
42	1098	23	21.0	22.3	24.2	24.0
43	1102	24	21.8	*21.6*	10.7	15.2
44	1109	24	21.7	24.8	15.0	21.2
1845	1115	38	34.1	34.7	40.1	39.2
46	1121	55	49.1	39.9	61.5	65.4
47	1128	31	27.5	32.4	98.4	95.6
48	1133	29	25.6	25.0	**124.3**	**110.7**
49	1136	25	22.0	*24.0*	95.9	95.6
1850	1139	30	26.4	26.8	66.5	73.4
51	1142	37	32.4	34.1	64.5	62.4
52	1144	52	45.5	45.2	54.2	53.0
53	1144	60	57.7	47.8	39.0	38.2
54	1147	38	33.1	*42.2*	20.6	21.7
1855	1152	52	45.1	47.5	6.7	9.6
56	1156	76	65.7	58.6	4.3	9.5
57	1159	67	57.8	58.4	22.8	26.2
58	1163	61	52.5	53.9	54.8	56.6
59	1171	62	52.9	51.2	93.8	84.5
1860	1180	55	46.6	*50.0*	**95.7**	**90.6**
61	1183	64	54.1	51.9	77.2	77.3
62	1193	63	52.8	57.1	59.1	59.8
63	1206	83	68.8	61.3	44.0	48.5
64	1226	67	54.7	62.4	46.9	42.1
1865	1244	89	71.5	59.3	30.5	31.0
66	1264	50	39.6	*57.3*	16.3	17.6
67	1278	99	77.5	76.7	7.3	17.0
68	1281	144	112.4	92.0	37.3	39.0
69	1292	85	65.8	76.2	73.9	81.0
1870	1302	79	60.7	*68.8*	**139.1**	**115.8**
71	1307	115	88.0	79.3	111.2	**115.8**
72	1315	106	80.6	94.1	101.7	95.2
73	1328	169	127.2	105.3	66.3	69.7
74	1344	116	86.3	104.5	44.6	43.2
1875	1358	161	118.6	98.3	17.1	22.5
76	1260	89	70.7	90.2	11.3	13.0
77	1279	129	100.9	*89.8*	12.3	9.8
78	1300	113	86.9	91.1	3.4	6.3
79	1320	119	90.2	*87.5*	6.0	11.9
1880	1339	111	82.9	93.7	32.3	31.2
81	1357	162	119.4	103.5	54.3	50.1
82	1374	128	92.4	99.1	59.6	59.3

Jahr	Versicherte Gebäude in Tausenden	Zahl der Blitzschläge mit Gebäudebeschädigung	Anzahl der Fälle pro Million Gebäude		Wolf'sche Relativzahlen	
			roh	abgerundet	roh	abgerundet
1883	1408	130	92.3	*96.6*	**63.7**	**62.6**
84	1424	156	109.6	112.2	63.5	60.7
1885	1440	198	137.5	143.4	52.2	48.3
86	1456	275	188.9	151.1	25.4	29.0
87	1471	131	89.1	*127.9*	13.1	14.6
88	1488	215	144.5	168.2	6.8	8.2
89	1503	443	294.8	221.6	6.3	6.6
1890	1777	271	152.5	191.8	7.1	14.0
91	1795	300	167.2	*169.3*	35.6	38.0
92	1814	345	190.2	172.0	73.8	67.1
93	1835	258	140.6	*154.4*	**85.2**	**79.2**
94	1855	271	146.1	164.3	72.5	73.6
1895	1875	421	224.5	199.0	64.0	60.2
96	1900	382	201.0	215.2	40.5	42.8
97	1926	451	234.2		26.3	

In dieser Tabelle findet man zunächst die betreffenden Jahreszahlen, wobei jedoch zu bemerken ist, dass sich die Zahlen der vier folgenden Vertikalzeilen nicht auf das Kalenderjahr beziehen, sondern auf das mit dem 1. Oktober beginnende Versicherungsjahr. Da jedoch die Monate Oktober bis Dezember im allgemeinen sehr gewitterarm sind, so ist der Unterschied zwischen den auf das Versicherungsjahr und auf das ein Vierteljahr später beginnende Kalenderjahr treffenden Fällen meist nur sehr geringfügig, so dass man die in der Tabelle aufgeführten Jahreszahlen ohne nennenswerten Fehler als auf das Kalenderjahr bezüglich betrachten kann.

Die zweite Vertikalreihe enthält die Zahl der versicherten Gebäude nach Tausenden.

Die dritte Kolumne giebt die Zahl der Fälle, in welchen versicherte Gebäude in dem betreffenden Jahre durch Blitz beschädigt wurden, ohne Rücksicht darauf, ob der Blitz zündete, oder ob er nur als sogenannter kalter Schlag einen Schaden verursacht hat, für dessen Ersatz die Versicherungsanstalt aufkommen musste.

In der vierten Kolumne findet man alsdann die Zahl der Schadenblitze, welche nach Berechnung aus den Angaben der beiden vorangehenden Vertikalzeilen auf eine Million Gebäude trafen.

Da sich aus derartigen rohen Zahlen allmähliche gesetzmässige Änderungen wegen der ihnen innewohnenden Zufälligkeiten nur schwer erkennen lassen, so wurden sie nach der bekannten Formel $\frac{a + 2b + c}{4}$ abgerundet, worin a, b, c die auf drei aufeinanderfolgende Jahre bezüglichen Werte der vierten Kolumne bedeuten. Die so erhaltenen Werte enthält die fünfte Vertikalreihe.

In dieser Reihe sind alle Minima durch den Druck hervorgehoben.

»Die beiden folgenden Kolumnen,« fährt Prof. v. Bezold fort, »enthalten Zahlen ganz anderer Natur, nämlich die Wolf'schen Relativzahlen für die Häufigkeit der Sonnenflecken nach der Zusammenstellung, welche Wolfer im Jahrgange 1892 der Deutschen Meteorologischen Zeitschrift veröffentlicht hat, sowie vom Jahre 1891 an nach den von dem gleichen Forscher regelmässig in derselben Zeitschrift mitgeteilten Angaben, die vom Jahre 1885 an freilich nur als vorläufige zu betrachten sind. Dabei

sind auch diese Zahlen in der sechsten Vertikalreihe zunächst roh und in der siebenten abgerundet gegeben, wobei die nämliche Formel verwendet wurde, wie bei der fünften Kolumne. In beiden Kolumnen sind die Maximalwerte durch den Druck hervorgehoben.

Die Beifügung der Wolf'schen Relativzahlen geschah deshalb, wie Prof. v. Bezold schon bei seiner allerersten Arbeit über diesen Gegenstand aufgefallen war, dass die Kurve der Blitzgefahr in einem Zusammenhange mit jener der Sonnenflecken zu stehen schien.

»Es war mir deshalb,« sagt er, »nicht nur von Interesse zu sehen, ob die früher nachgewiesene Steigerung der Blitzgefahr seit 1883 noch weiter fortgeschritten sei, sondern auch, ob meine damals ausgesprochene Vermutung eines Zusammenhanges zwischen den Gewittern und den Vorgängen an der Sonnenoberfläche, bezw. zwischen Gewittern und Nordlichtern eine weitere Bestätigung erfahren habe.

Diese letztere Frage drängt sich mir um so mehr auf, nachdem in allerneuester Zeit Niels Ekholm und Svante Arrhenius in ihrer soeben erschienenen Abhandlung über die nahezu 26tägige Periode der Polarlichter und Gewitter höchst merkwürdige Beziehungen zwischen diesen beiden Gruppen von Erscheinungen nachgewiesen haben.«

Wie sich die Antwort gestaltet, dies ersieht man sowohl aus der bereits besprochenen Tabelle als auch aus einer im Original gegebenen Figur.

In dieser Figur stellt die obere Kurve den Gang der abgerundeten Wolf'schen Relativzahlen dar, und zwar durch abwärts gerichtete Ordinaten, so dass die tiefsten Stellen den Maximalwerten entsprechen; die untere Kurve versinnlicht den Gang der Blitzgefahr ebenfalls in abgerundeter Weise, d. h. nach den Werten der fünften Vertikalreihe der Tabelle.

Sie lehren, dass nicht nur die Blitzgefahr auch während der Jahre 1883—1897 eine ganz beträchtliche Zunahme erfahren hat, sondern dass auch die frühere Vermutung, wonach einem Maximum der Sonnenflecken ein Minimum in der Kurve der Blitzgefahr entsprechen sollte, in den Jahren 1883 und 1093 abermals eine Bestätigung erfahren hat.

Über die etwaige Abhängigkeit der Gewitter an der deutschen Nordseeküste von den Gezeiten hat G. Hellmann eine Untersuchung angestellt[1]). An der ganzen dortigen Küste, vielleicht noch darüber hinaus, ist allgemein der Glaube verbreitet, dass die Gewitter vorzugsweise mit der Flut aufkommen. Sieht es nach einem Gewitter aus, so fürchtet man es nicht, wenn das Wasser fällt, glaubt vielmehr, dass es erst die nächste Flut bringen wird. Dieser Auffassung ist Hellmann an vielen Orten der deutschen Nordseeküste begegnet, und zwar bei den verschiedensten Berufsklassen, ganz besonders aber in Wyk auf Föhr.

Es war daher längst sein Wunsch, genauer festzustellen, was von diesem Glauben zu halten sei. Nachdem nun von Wyk selbst eine zehnjährige Reihe vorzüglicher meteorologischer Beobachtungen von G. Weigelt vorliegen, hat er diese Untersuchung ausgeführt.

»Wyk, das an der SO-Ecke der Insel Föhr, also ziemlich in der Mitte der nordfriesischen Inselwelt liegt, hatte in den zehn Jahren von 1888—1897 200 Tage mit Gewittern, an denen 209 Einzelgewitter verzeichnet wurden. Für jedes derselben wurde der Zeitunterschied zwischen dem Ausbruche (erster Donner) und dem vorher-

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 85.

gehenden Niedrigwasser ermittelt. Indem Verf. diese Differenzen nach einstündigen Intervallen ordnete, fand er folgendes Resultat:

Häufigkeit des Ausbrechens der Gewitter nach Niedrigwasser

0—1h	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12
10	17	25	12	22	17	16	21	11	19	22	17

Danach nimmt zwar in den ersten drei Stunden nach Niedrigwasser die Häufigkeit der Gewitter entschieden zu, allein dieselbe ist bei fallendem Wasser im Durchschnitte ungefähr ebenso gross wie bei steigendem. Den 103 Gewittern bei steigendem Wasser (0—6^h) stehen 106 bei fallendem (6—12^h) gegenüber. Von einer ausgesprochenen Vorliebe der Gewitter für die Flut, wie sie von der Bevölkerung der deutschen Nordseeküste angenommen wird, kann hiernach also keine Rede sein.

Gruppiert man obige Zahlen in der Weise, dass die beiden Stunden um Hochwasser, um Niedrigwasser u. s. w. zusammengefasst werden, so ergiebt sich folgendes Verhältnis:

1	Stunde	vor	bis	1 Stunde	nach	Niedrigwasser	27	Gewitter
1	»	»	»	3 Stunden	»	»	42	»
3	»	»	»	5	»	»	34	»
1	»	»	»	1 Stunde	»	Hochwasser	33	»
1	»	»	»	3 Stunden	»	»	32	»
3	»	»	»	5	»	»	41	»

Hiernach war die Zeit des Niedrigwassers am gewitterärmsten, während in den nächsten beiden Stunden vorher und nachher die Gewitter am häufigsten auftraten.

Es muss weitern Untersuchungen vorbehalten bleiben, ob diesem Verhalten etwas Gesetzmässiges zu Grunde liegt, oder ob nur unausgeglichene Zufälligkeiten vorliegen, die bei einer längern Beobachtungsreihe verschwinden.

Das photographische Spektrum des Nordlichtes. Seit 1886 sind am Harvard-College-Observatorium zu Cambridge vielfach Versuche gemacht worden, Photographien des Nordlichtspektrums zu erhalten, aber ohne Erfolg. Erst am 1. April 1897 gelang es Ed. S. King, eine solche zu erhalten, auf der vier helle Linien sichtbar sind, allein es war nicht möglich, die Wellenlängen dieser Linien zu bestimmen. Während des prächtigen Nordlichtes vom 15. März 1898 machte derselbe Beobachter neue Versuche und erhielt nach einer Expositionsdauer von 141 Minuten zwei helle Streifen auf der Platte. Der eine liegt zwischen den Wellenlängen 3892 und 3925, der andere hat ungefähr die Wellenlänge 4285. Unter der Annahme, dass die beiden hellsten Linien von 1897 identisch sind mit denjenigen von 1898, ergeben sich für die Wellenlänge der erstern die Werte 3862, 3922, 4288 und 4694 [1]).

---

[1]) Ciel et Terre 1893. No. 5. p. 149.

Die geometrischen Verhältnisse des Nordlichtes am Abende des 9. September 1898 hat Prof. Reimann untersucht[1]). Er findet aus mehrern Kombinationen für die Höhe der Strahlen 66 Meilen. Der Südrand des Nordlichtsbogens würde die Westküste von Schleswig zwischen Föhr und Sylt geschnitten haben. Was die Längenerstreckung des Phänomens von O nach W betrifft, so liegt eine Anzahl Beobachtungen vor, welche eine genauere Bestimmung des Ostrandes um $9^h\ 45^m$ abends erlauben. Mitteilungen aus den östlicher gelegenen Beobachtungsorten Warnemünde, Hirschberg und Brünn ergeben als Azimut des rechten Randes der östlichsten Strahlen oder der noch erkennbaren Helle, resp. 56, 30 und 20° von N nach O. Hieraus folgt eine geographische Breite von etwas über 56° und eine Länge von etwa 39°, was der Gegend östlich der Verbindungslinie von Memel und Libau entsprechen würde. Nach den Beobachtungen in Hirschberg und den westlichen Orten Deutschlands fiel das westliche Ende auf den Atlantischen Ozean westlich von Irland. Leider fehlen zu einer genauern Bestimmung Beobachtungen aus Frankreich und von den Britischen Inseln.

Schliesslich hat Prof. Reimann auch versucht, die Breite des Nordlichtbogens zu bestimmen. Er hat hierzu vorausgesetzt, dass derselbe gleichmässig in 21 Meilen Höhe über der Erde schwebte, und dass das dunkle Segment der unter dem hellen Bogen weg gesehene, nicht mehr erleuchtete Teil der Atmosphäre ist. »Vom Brocken aus wird die Scheitelhöhe des dunklen Segmentes zu 12 bis 13° und von den Göttinger Beobachtern zu 10, resp. 12—13° angegeben. Es würde in runder Zahl eine Breite von 60 Meilen folgen, so dass sich sowohl der südliche Teil von Schweden, als auch Dänemark und Schottland innerhalb dieser Zone befunden haben müssen. Hiermit steht eine Notiz aus Edinburgh in Einklang, der gemäss dort in der That das Schauspiel am nördlichen und östlichen Himmel so brillant wie am südlichen und westlichen gewesen ist.«

Über den Einfluss des Mondes auf die Polarlichter und Gewitter haben N. Ekholm und S. Arrhenius Untersuchungen angestellt[2]).

Nachdem dieselben schon früher[3]) auf Grund von Beobachtungen der täglichen und monatlichen Schwankungen des Potentialgefälles der atmosphärischen Elektrizität den Nachweis geliefert hatten, dass dieses nicht nur eine mondtägliche, sondern auch eine mit dem tropischen Mondmonate gleiche Periode besitzt, unternahmen sie nunmehr, diesen Einfluss des Mondes auf die atmosphärische Elektrizität, wie

---

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 230.
[2]) K. Svenska Vet. Akad. Handlingar 31. No. 2.
[3]) a. a. O. 29. No. 6.

sich derselbe im Gewitter und dem Polarlichte offenbart, nachzuweisen. Das von ihnen benutzte Beobachtungmaterial ist das umfassendste, über welches gegenwärtig verfügt werden kann. Es umfasst bezüglich der Polarlichter den Zeitraum von 1722 bis 1896. Es wurden hiernach die Anzahl der Tage mit Polarlichtern, als auch die Zahl der für jede Nacht angegebenen Einzelbeobachtungen zusammengestellt, und letztere Zahlen können als ein Index für die Intensität der Erscheinung betrachtet werden. Folgendes ist eine Zusammenstellung dieser Beobachtungszahlen.

	Schweden 1722—1877	Schweden 1888—1896	Nordamerika (U. S.) 1871—1898	Südliche Halbkugel −16° bis −39° 1788—1894		Südliche Halbkugel −40° bis −70° 1778—1895	
	Tage	Beobb.	Beobb.	Beobb.	Tage	Beobb.	Tage
Januar .	865	1056	1005	36	29	20	19
Februar ..	935	1173	1455	45	22	81	72
März . .	1043	1312	1396	74	25	109	93
April . .	633	568	1724	99	38	49	40
Mai . . .	89	170	1270	30	19	24	21
Juni . .	5	10	1061	30	10	10	9
Juli . . .	25	54	1223	19	15	16	14
August .	365	191	1210	56	19	19	13
September	991	1055	1735	93	29	27	24
Oktober .	1121	1114	1630	165	37	27	18
November	886	1077	1240	81	37	31	27
Dezember.	822	940	912	54	35	27	26

Eine grosse Schwierigkeit bei diesen Untersuchungen bildet die Beseitigung des Einflusses des Mondlichtes. Diese Elimination ist durch zwei Methoden vorgenommen worden. Nach der ersten wurde die grösste vorkommende Zahl in der nach der synodischen Mondperiode geordneten Reihe durch alle übrigen dividiert und mit diesem Quotienten alsdann alle beobachteten Werte entsprechend ihrer Ordnungszahl im synodischen Monate multipliziert, wodurch die Beobachtungsreihe von dem Einflusse der Mondbeleuchtung befreit ist. Die andere Reduktionsmethode gründet sich auf die Beziehung, dass die Anzahl der tropischen Mondumläufe um eines geringer ist als die der synodischen Mondumläufe während eines tropischen Sonnenjahres. Wird diese Analogie fortgesetzt, so gelangt man zu einer Periode U, in welcher die Mondbeleuchtung denselben Einfluss ausüben würde, wie im tropischen Monate.

Das auf solche Weise korrigierte Beobachtungsmaterial wurde nun nach den Tagen des tropischen Mondmonates geordnet, beginnend diesen Monat mit dem Äquatordurchgang des Mondes von Nord nach Süd, so dass auf Tag 7 die südliche Mondwende, auf Tag 13.5 der Äquatordurchgang von Süd nach Nord und auf Tag 20 die nördliche Mondwende fällt. Auf diesem Wege ergab sich eine Tabelle der prozentualen Abweichung der einzelnen Tagesmittel vom jedesmaligen Monatsmittel, von der folgende ein Auszug ist:

Mond-stellung	Tage des tropischen Monats	Erste Methode				Zweite Methode			
		Alle Nordlichter		Alle Südlichter		Alle Nordlichter		Alle Südlichter	
		Beobb.	Tage	Beobb.	Tage	Beobb.	Tage	Beobb.	Tage
A_1	0— 2	+15.1	+ 7.9	—21.0	— 7.1	+25.8	+20.0	—11.6	— 5.1
	3— 5	+11.3	+ 6.9	— 3.5	+10.2	+28.6	+22.8	+14.9	+13.7
SW.	6— 8	+17.8	+10.7	—34.5	—11.7	+23.2	+16.4	—27.9	—25.1
	9–11	+ 9.9	+ 4.6	—23.1	—20.8	+ 4.0	+ 2.3	—37.5	—30.6
A_2	12—14	— 3.3	+ 2.9	+24.5	+10.2	—13.4	—10.8	— 8.4	— 7.6
	15—17	—14.2	— 6.5	+46.8	— 7.1	—19.3	—14.3	+ 1.6	—15.2
NW.	18—20	—20.6	—13.0	+ 6.6	+ 2.0	—36.4	—22.9	+27.5	+ 9.4
	21—23	—18.6	—14.9	+ 0.9	+ 2 9	—18.7	—17.0	+34.0	+32.5
	24—26	+ 2.6	+ 1.4	+ 3.5	+21.1	+ 6.3	+ 3.6	+ 7.6	+28.0

Sind auch in dieser Tabelle die einzelnen Zahlenwerte streng genommen nicht unmittelbar vergleichbar, so lassen sie doch unverkennbar den starken Einfluss der Monddeklination auf die Entwickelung der Polarlichter erkennen.

Um den Zusammenhang noch genauer zu bestimmen, haben die Verff. eine allgemeine Formel aufgestellt, welche die Beobachtungen vorzüglich darstellt. Bezüglich des Ganges der Luftelektrizität ergiebt sich, dass beide Erscheinungen sowohl hinsichtlich der Amplitude als der Maximalphase, eine völlige Übereinstimmung zeigen. »Zwischen der tropisch-monatlichen Periode des Polarlichtes und derjenigen des Potentialgefälles der Luftelektrizität im typischen Falle besteht ein fast vollkommener Parallelismus, indem die Eintrittszeit des Maximums und des Minimums und die (prozentuell ausgedrückte) Amplitude beider Perioden sehr nahe dieselben sind. Diese Übereinstimmung, führt zu der Vorstellung, dass bei dem Polarlichte eine elektrische Entladung oder Strömung stattfindet, die zwischen den höchsten und den mittlern oder untern atmosphärischen Schichten vor sich geht, und deren Intensität unter übrigens gleichen Umständen dem atmosphärischen Potential proportional ist.« »Hieraus darf jedoch nicht der Schluss gezogen werden, dass diese Entladung oder Strömung sich bis zur Erdoberfläche herab erstreckt. Die Höhe der Nordlichter ist vielmehr, wie sich aus zahlreichen direkten Messungen ergab, eine sehr beträchtliche. Niemals wurde (am Kap Thordsen) das Nordlicht unter den niedrigen Wolken gesehen, und es ist sehr zweifelhaft, ob es (ebendort) jemals unter den obern Wolken beobachtet wurde.« In solchen Höhen stattfindende elektrische Entladungen können wohl nicht mehr direkt von dem an der Erdoberfläche gemessenen Potentialgefälle der Luftelektrizität abhängen, die Nordlichterscheinungen müssen vielmehr durch die zwischen den höchsten und den mittlern oder untern Luftschichten vorhandene Potentialdifferenz verursacht werden. An der Erdoberfläche nimmt das Potentialgefälle der atmosphärischen Elektrizität während der Nordlichterscheinungen, wie Beobachtungen am Kap Thordsen zeigten, fast ausnahmslos von unten nach oben zu (ist also positiv); in den Höhen der Nordlichter dagegen findet, wie Untersuchungen von

Wijkander und Paulsen ergaben, gerade das Gegenteil statt. Es ergiebt sich daraus der von den Verff. in der That gezogene und noch weiter begründete Schluss, dass das elektrische Potential von einer gewissen Höhe in der Atmosphäre aus sowohl nach oben, wie nach unten hin abnimmt; dass ferner Änderungen des Potentialgefälles nach beiden Richtungen hin gleichzeitig erfolgen, und dass endlich die obersten Luftschichten ebenso, wie die Erdoberfläche, mit negativer, die untern Luftschichten dagegen mit positiver Elektrizität geladen sind. Trifft dies wirklich zu, so muss in einer gewissen Höhe eine Luftschicht existieren, innerhalb welcher das Potentialgefälle Null ist. Thatsächlich zeigte sich bei Ballonfahrten, die von S. A. Andrée, Le Cadett, Börnstein und Baschin unternommen wurden, dass mit zunehmender Höhe eine stetige Abnahme des Potentialgefälles der Luftelektrizität stattfindet, und dass dieses bei etwa 3000 *m* Höhe den Wert Null erreicht.

Auf Grund ihrer frühern Untersuchungen über den Einfluss des Mondes auf den elektrischen Zustand der Erde sind die Verff. zu der auch anderweitig ausgesprochenen Ansicht gelangt, dass der Mond ebenso, wie die Erde, elektrisch geladen sein müsse, anderseits besitzen nach dem Obigen auch die obersten Luftschichten negativelektrische Ladung; die letztere muss also entsprechend den Änderungen des Mondstandes in Deklination während des tropischen Monates periodische Schwankungen erleiden. Sie muss für die nördliche Halbkugel einen Maximalwert beim südlichsten Mondstande, einen Minimalwert in der entgegengesetzten nördlichsten Stellung des Mondes erreichen, und eben diese Schwankungen des Potentiales der Luftelektrizität in den obersten Luftschichten sind es, welche die aus den Beobachtungen mit so grosser Sicherheit nachgewiesene tropisch-monatliche Periode in der Häufigkeit der Polarlichterscheinungen verursachen[1]).

Eine 26-tägige Periode der Polarlichter haben N. Ekholm und S. Arrhenius auf Grund des in der vorhergehenden Abhandlung benutzten Materiales nachgewiesen[2]). E. Wagner giebt einen Auszug aus der Arbeit[3]), gemäss welchem der genaue Wert der Periode 25.929 Tage ist. Dieselbe tritt für die skandinavische Halbinsel regelmässig und stark hervor, schwächer für Island und Grönland. Für Nordamerika ist sie kaum nachweisbar, namentlich stellt der grosse wahrscheinliche Fehler bei der Anzahl der Tage ihre Realität als sehr zweifelhaft dar. Dagegen ist sie bei den Südlichtern überraschend gross. Bei der vorliegenden Periode gehen die Nordlichter und Südlichter parallel, wie aus den Eintrittstagen des Maximums für die einfache Periode hervorgeht, während bei der

1) Oertel in der Vierteljahrsschrift d. Astronom. Ges. 1899. p. 258.
2) K. Svenska Vet Ac. Handlingar 31.
3) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 383.

tropisch-monatlichen Periode der Polarlichter Nord- und Südhalbkugel einen entgegengesetzten Gang zeigten.

Da die Sonnenrotation als Ursache der nahezu 26-tägigen Periode der erdmagnetischen und meteorologischen Erscheinungen angesehen zu werden pflegt, versuchten die Verff., diese Relation zahlenmässig darzustellen. Eine grosse Schwierigkeit bietet jedoch die Verlangsamung der Rotation auf der Sonnenoberfläche in höhern heliographischen Breiten, welche vom Äquator, wo sie 25.46^d beträgt, bis 75^0 heliographischer Breite auf 38.55^d ansteigt (nach Dunér). Man kann also nur mit einem Mittelwerte der Rotationszeit, bezw. der Periode der solaren Thätigkeit rechnen, und es schien, dass die Wolff'schen Relativzahlen hierfür ein geeigneter Ausdruck sein dürften. Doch zeigt die Vergleichung dieser Relativzahlen mit den Nordlichtern in Schweden vom 5. Januar 1865 bis 28. September 1896 weder eine Periode von oben ermittelter Länge, noch ein annäherndes Zusammenfallen der Extreme beider Erscheinungen, sondern eher eine Übereinstimmung des Maximums der Relativzahlen mit dem Minimum der Polarlichter. Da jedoch die grosse elfjährige Periode eine Parallelität beider Erscheinungen zeigt, ist hieraus zu schliessen, dass in den vermuteten kürzern Perioden die Parallelität nicht hervortritt.

Auch weder die vom Bigelow ermittelte Periode von 26.68^d, noch die von Buys-Ballot angegebene Periode von 27.684^d, bezw. die von Fritz von 27.687^d, lässt sich bei den Polarlichtern nachweisen, ebenso wenig aber bei den Relativzahlen der Sonnenflecken. Die Verff. halten hiernach einen Zusammenhang der Sonnenrotation mit terrestrischen Phänomenen für ganz unbeweisbar, sofern man nicht unbekannte hypothetische Eigenschaften der Sonne voraussetzen wolle. Die Schwierigkeit liegt vor allem auch darin, dass für die terrestrischen Erscheinungen die synodische Rotationszeit der Sonne in Betracht kommen müsste, für welche die Periode von 25.929^d nicht möglich wäre, da die kürzeste siderische Rotationsdauer bereits auf eine synodische Rotation von 27.37^d führt. Eine Zusammenstellung der jährlichen Relativzahlen mit der Anzahl der Beobachtungen von Polarlichtern lässt den grossen Einfluss der Schwankung in der solaren Thätigkeit sehr stark hervortreten, vor allem bei den Südlichtern, deren Maximum dem Sonnenflecken-Maximum meist um ein Jahr vorauseilt — nur für Island und Grönland zeigt sich eine mangelhafte Übereinstimmung, sogar eine Umkehrung im Gange der Erscheinungen, welche bereits durch Tromholt nachgewiesen worden ist. Auch für kürzere, z. B. jährliche Perioden ist nirgends eine Parallelität beider Erscheinungen mit Sicherheit zu ermitteln.

Aus einer Übersicht der bisherigen Bestimmungen einer nahezu 26-tägigen Periode folgern die Verff., dass der Zusammenhang der erdmagnetischen Störungen mit den Polarlichtern weit weniger sicher ist, als bisher angenommen wurde.

Jedenfalls ist bemerkenswert, dass die nahezu 26-tägige Periode der Polarlichter in den höhern Breiten weniger hervortritt als in den niedrigern, dass aber ihre Periodizität für beide Halbkugeln gleichzeitig variiert, während für die tropisch-monatliche Periode der Polarlichter die Maxima der Nordlichter bei südlichem, der Südlichter bei nördlichem Lunistitium eintreten, und dass die Einwirkungen der Sonne und des Mondes ziemlich von derselben Grössenordnung sind. Während die Mondstellung das elektrische Potentialgefälle verändert, wirkt die Sonne auf das Leitungsvermögen der höchsten Schichten der Atmosphäre ausser durch ihre gesamte Licht- und Wärmestrahlung hauptsächlich wohl durch die ultravioletten Strahlen, während eine direkte elektromagnetische Einwirkung derselben wenig wahrscheinlich ist.

20. Optische Erscheinungen.

Dämmerungsstreifen am 18. September 1898 in Norddeutschland. An jenem Abende bestand ein vom Helder bis Paris reichendes Regengebiet und an seiner Ostgrenze in Münster, Borkum und Helgoland Gewitter, von da ab jedoch über ganz Deutschland wolkenloser Himmel. Der Schatten dieser mächtigen Gewitterwolken nun erstreckte sich nach Sonnenuntergang bis über Berlin hinaus, wie eine interessante Beobachtung zeigt, die Prof. Assmann veröffentlicht. In Grünau bei Berlin zeigten sich um 7^h 25^m M. E. Z. über dem ungewöhnlich ausgeprägten Erdschatten, der als schiefergraues Segment am östlichen Himmel aufgestiegen war, von diesem strahlig ausgehende Schattenstreifen, zwischen denen das rosige Licht des Himmels intensiv hervorleuchtete. Im W war der Dämmerungsschein sehr hell leuchtend von durchsichtigem Orangegelb, doch ohne jede Spur des bekannten »Purpurlichtes«; von Schattenstreifen war dort zunächst nichts wahrzunehmen. Bald aber verlängerten sich die am Osthimmel sichtbaren Streifen, an Breite und Entfernung zunehmend, über das Zenith hinaus und erreichten gegen 7^h 30^m den Westhorizont, nach dem Orte des Sonnenstandes stark konvergierend und an Breite vermindert.

Berechnet man den Ort des schattengebenden Körpers, so würde sich, wenn er in der Meeresoberfläche angenommen werden könnte, etwa Bremen ergeben; für Körper in grösserer Höhe ergiebt sich ein gewisser Spielraum, sie können näher und weiter als dieses sein, innerhalb gewisser Grenzen. Im vorliegenden Falle waren sie offenbar weiter entfernt und mehrere Tausend Meter hoch, eine unregelmässige Wolkenoberfläche, von der einzelne Gipfel bis in grosse Höhen ragten, wie dies eben bei Gewittern oft der Fall ist. Mit dem Auftreten dieser Gewitterdepression war ein durchgreifender Umschwung des Wetters verbunden, »der sonnige warme »Altweibersommer« musste einer trüben, stürmischen und regnerischen Herbst-

witterung weichen. Die abendlichen Dämmerungsstreifen rechtfertigten also ihren Ruf als Vorzeichen schlechten Wetters vollkommen« [1]).

Das sogenannte Erdlicht. J. Maurer machte über dieses noch durchaus rätselhafte Phänomen mehrere interessante Mitteilungen betreffs älterer und neuerer Beobachtungen [2]). Dieselben sind im wesentlichen folgende:.

Schon B. de Saussure erwähnt in seinen »Voyages dans les Alpes«, gelegentlich des Aufenthaltes auf dem Col du Géant, die Beobachtung eines blassen, jedoch deutlichen Scheines rund herum am nächtlichen Himmel, der allmählich mit zunehmender Höhe gegen das Zenith verblasste, und der sich auch Alex. v. Humboldt eben so deutlich auf dem Vulkane Antisana zeigte, ohne dass beide irgend eine sichere Erklärung dafür zu geben vermochten. Bessel gedenkt ebenfalls des merkwürdigen Lichtglanzes, den wir in unsern Nächten zuweilen sehen, ohne angeben zu können, woher er entsteht. Er deutet auf eine ähnliche Erscheinung in der Nachtseite des Planeten Venus hin, welche ebenfalls zu gewissen Zeiten deutlich in einem eigentümlichen, bis heute noch unerklärlichen, phosphoreszierenden Lichtschimmer hervortritt. In den von A. Burkhardt veröffentlichten »Übersichten der Witterung in Österreich und einiger auswärtiger Stationen« aus den 50er Jahren, finden wir dann wiederholt bestimmte Mitteilungen über auffallende Helligkeiten bei sternklarem Himmel, so anfangs Oktober 1855 und früherer Jahre um dieselbe Zeit, wobei es möglich war, die einzelnen Gegenstände nachts auf grössere Entfernung hin ganz gut zu erkennen. Ähnliche Erscheinungen eines solchen auffälligen phosphorischen »nächtlichen Scheines« wurden nach Heis' Wochenschrift auch am 18. Juni 1783, 3. August 1831 und 30. Juni 1861 beobachtet, letzteres gerade zu der Zeit, in welcher nach der Meinung des englischen Astronomen Hind, unsere Erde durch den Schweif des grossen Kometen (I. 1861) ging und nach Liais ungefähr vier Stunden darin verweilte.

Eine sehr gewichtige Bestätigung des nächtlichen Erdscheines giebt Baxendell durch seine Beobachtung vom 24. Oktober 1862. Es war weder Mondschein, noch eine Spur von Nordlicht vorhanden und dennoch die Atmosphäre so erhellt, dass man die ganze Umgebung der Sternwarte von Worthington genau erkennen konnte. Das Phänomen dauerte volle zwei Stunden an, dann trat dunkle Nacht ein. Baxendell versicherte, dass die entferntern Gegenstände deutlicher zu erkennen waren, als wenn der Mond im ersten Viertel gestanden hätte.

Prof. Galle hat bereits vor Jahren eine ähnliche, am 27. November 1872 — bei Anlass der Erscheinung des Bielastromes — gemachte Beobachtung über rätselhaftes nächtliches Erdlicht zur Kenntnis gebracht. Er schreibt, dass ihm bei den Beobachtungen nach Mitternacht eine eigentümliche Helligkeit des Himmels nach O und SO hin auffiel, als ob der Aufgang des Mondes nahe bevorstehe. »Erst nach einigen Tagen, als er auch von andern Beobachtern Ähnliches berichtet fand, verglich er die Mondephemeride und überzeugte sich, dass der erst $4^{1}/_{2}{}^{h}$ morgens an jenem Tage aufgehende und von dem Neumonde wenig mehr entfernte Mond die Ursache nicht gewesen sein könne.«

Ein Korrespondent der »Augsburger Allg. Ztg.« aus Halle berichtet ferner vom 14. November 1871 über ein Erdlicht wie folgt: »Die Nacht war erhellt, ohne den Mond und ohne den Sternenschein; der Himmel, nebelartig gleichmässig umzogen, erschien hellgrau, als ob das Vollmondlicht die Dunstmasse durchleuchtete. Die Helligkeit der Atmosphäre erreichte gegen 12^{h} einen so beträchtlichen Grad, dass man im Freien

---

1) Annalen der Hydrographie 1899. p. 57.
2) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 257.

deutlich kleinere Druckschrift zu lesen vermochte, und dass sehr ferne Gegenstände der Landschaft dem Auge sichtbar wurden, erhellt wie in der Frühdämmerung im Sommer. Das Licht hatte eine schwache Färbung ins Violette. Das Erdlicht ist schon zu allen Jahreszeiten beobachtet worden, grosse Helligkeit aber scheint es nur im Spätherbste zu erreichen«. In dieselbe Kategorie gehört jedenfalls auch die ältere Beobachtung L. F. Wartmann's »Notice sur un brouillard lumineux observé à Genève du 18. au 26. Novembre 1859«. Vergl. Kaemtz, Repertorium. 1. p. 319.

Direktor Paulsen schreibt[1]: »Bei meinem Aufenthalte in Grönland habe ich oft, selbst in Abwesenheit jeglicher Nordlichtmanifestation, eine auffällige Helligkeit während der Winternacht bemerkt, und zwar zu Zeiten, wo ein Einfluss des Mondscheines vollständig ausgeschlossen war. Die Nächte waren dabei von solcher Klarheit, dass man auch kleine Details auf relativ beträchtliche Entfernung unterscheiden konnte. Der fragliche Schein bildete einen frappanten Kontrast zu dem nächtlichen Dunkel, wie man es sonst unter niederern Breiten gewahrt . . .«

Seither und besonders in dem letzten Jahrzehnte hat über die Beobachtung des mysteriösen nächtlichen Scheines auf unserem Kontinente wenig mehr verlautet, bis uns in jüngster Zeit der Vorstand der meteorologischen Station Luzern, Prof. Xaver Arnet, wieder auf eine Reihe höchst interessanter, verbürgter und sorgfältiger Beobachtungen über das Auftreten des nächtlichen Scheines an verschiedenen Punkten der Zentralschweiz, während des Zeitraumes von 1895—1899 aufmerksam machte.

Die ersten Wahrnehmungen über das erneute Auftreten des nächtlichen Scheines rühren von einem einfachen Landbriefträger her, der in Dierikon am Rooter-Berg, im Kanton Luzern, stationiert ist. Dieser eifrige und offenbar sehr intelligente Naturbeobachter konstatierte bei seinen nächtlichen Briefträgerdiensten, dass jene merkwürdige nächtliche Erhellung zuerst in den Herbstnächten des Jahres 1895 von SO her kam, darauf breiter gegen SW und W wurde und bis zum Herbste, bezw. Winter 1896 bis 1897 auch gegen N und NO rückte, so dass zeitweise »der ganze Himmel gegenwärtig von ihr eingenommen ist.« Anfangs Dezember 1897 schrieb jener Beobachter u. a. an Prof. Arnet: ». . . Wir haben nun den dritten Herbst, seitdem ich infolge der hellen Nächte auf einen Schein am nächtlichen Himmel aufmerksam wurde, welcher sich von damals (1895) langsam überall ausbreitete; ich habe auch vom 4.—5. August (1897) jüngsthin eine zufällige Beobachtung gemacht zwischen 2 und 3^{h} früh indem ich bemerkte, dass es draussen im Freien ziemlich hell sei, gleich dem Scheine eines Halbmondes, aber ohne Strahlen. Ich beobachtete den Himmel, welcher wolkenlos war, und fand, dass der nächtliche Schein immer noch etwas zugenommen hat. Auch der Neumond im Herbste (1897) hatte günstige Nächte zur Besichtigung, welche das Gleiche zeigte. Seitdem habe ich beim letzten Neumonde (November 1897) abermals Beobachtungen angestellt mit demselben Ergebnis . . . . Ich erinnerte mich an den Herbst 1890, auf den der überaus kalte Winter 1890—1891 folgte. Jenen Herbst, bevor noch die Kälte eintrat, fand ich an den Abenden beim Briefträgerdienste die Nächte so finster, dass man beim klaren, sternenhellen Himmel kaum die Umrisse der Bäume wahrnehmen konnte, und wenn das Firmament noch bedeckt erschien, so war von den Bäumen absolut nichts sichtbar, auch vor der Nase nicht. Im Herbste 1895 fand ich dann die Nächte auffallend hell . . . .«

Aus diesen einfachen und doch ganz bestimmten Beobachtungen geht also unzweideutig hervor, dass der rätselhafte Lichtschein am wolkenlosen Himmel zur Zeit des Neumondes im August, September und November 1897 wieder sichtbar gewesen ist und gegen früher selbst noch etwas zugenommen hat, so dass er zeitweise ungefähr dem zerstreuten Lichte beim ersten

---

[1]) Observations internationales Polaires, 1882—1883; Expédition Danoise, aurores boreales observées à Godthaab.

Viertel des Mondes gleichkam; es erinnert dies ganz an die oben erwähnte Beobachtung Baxendell's zu Worthington am 24. Oktober 1862.

Ein weiterer sorgfältiger Beobachter von einer Anhöhe des Rigi konstatierte dann auch im verflossenen Jahre, besonders für die Neumondnächte der Monate Oktober und November, wiederum die Anwesenheit des nächtlichen Scheines, ja versuchte sogar, denselben auf besonders empfindlichen photographischen Platten dauernd zu fixieren, leider bis jetzt mit negativem Erfolge. Ferner meldet der frühere Gewährsmann in Dierikon am Rooter Berge, dass der rätselhafte Schein zur Zeit des Neumondes am 16.—19. September 1898 ebenfalls wieder ziemlich in der gleichen Stärke wie früher aufgetreten sei. Genau für dieselbe Zeit und jedenfalls ganz unabhängig davon veröffentlicht Prof. Julius Hann, im Januarheft der Meteorolog. Zeitschr., gelegentlich des Auftretens sehr bemerkenswerter Gewitterwolken-Formen, die er am Abende des 18 September 1898 vom Gorner Grat bei Zermatt im Norden hinter den Berner Alpen beobachtete, folgende sehr interessante Notiz: . . . »Ich will noch bemerken, ohne dass ich Gewicht darauf legen könnte, dass mir die Nacht auffallend hell vorkam, da doch Neumond war. Ich konnte um Mitternacht in meinem Zimmer, das mit drei Fenstern auf die Firnfelder des altes Weissthores, auf den Monterosa bis zum Breithorn hinausging, alle Gegenstände deutlich erkennen, ging auch mehrmals ans Fenster, um nach der Ursache zu sehen; die weissen Berge hoben sich sehr deutlich vom Nachthimmel ab, aber etwas Besonderes konnte ich nicht bemerken. Leider unterliess ich es, Beobachtungen anzustellen, welche zur Konstatierung des beiläufigen Grades der Helligkeit hätten dienen können.«

Über weitere Beobachtungen des mysteriösen Phänomens zu Anfang vorigen Jahres bringt uns Prof. Arnet ferner Nachstehendes zur Kenntnis. Am 10. Februar 1899 war Neumond, und die darauf folgende sternhelle Nacht sehr geeignet zur Feststellung des nächtlichen Lichtscheines am Himmelszelte. Von zwei Personen gingen darüber wiederum interessante Mitteilungen ein.

Der Bergbeobachter auf Rigi hatte bereits zur Zeit des Neumondes im Oktober bis Dezember 1898 das entschiedene Vorhandensein des nächtlichen Scheines konstatiert, dagegen am 11. Januar 1899 eine starke Abnahme jenes Scheines vorgefunden, so dass trotz prächtiger Sternennacht nur noch die nähere Umgebung von reflektiertem Sternenlichte ein wenig erkennbar blieb. Ganz anders aber in der wundervoll klaren Nacht vom 10. zum 11. Februar. Überall am Himmel war die rätselhafte Luminiszenz, der unbestimmte helle Schein vorhanden, am Horizonte jedoch heller als am übrigen Firmamente. In diesem Scheine unterschied der Beobachter von seinem ausgezeichneten Bergstandpunkte aus Rigi-Kulm, Pilatus, Stanserhorn, Buochserhorn, Urirothstock, die beiden Bauen, Windgälle, Tödi, Mythen, Rossberg u. s. w. Im Vordergrunde waren die Telegraphenstangen auf hundert und mehr Meter Distanz zu erkennen. Wunderbar schön flimmerten die Sterne, und in dem allgemeinen Lichtscheine fiel die Milchstrasse gar nicht mehr sonderlich auf. Dazu meldet der frühere Berichterstatter in D., welcher vor mehrern Jahren bereits auf das phosphoreszierende Leuchten des Nachthimmels hinwies, ferner noch Folgendes: »In der Nacht vom 10 zum 11. Februar 1899 stimmte ein Mal alles überein, um eine gute Beobachtung betreffs des nächtlichen Scheines zu machen. Kein Mondschein, keine Wolken und, was hier in der Niederung in solchen Nächten so selten ist, auch kein Nebel . . . Diese Nacht fand ich den Schein am ganzen Himmel in nie gesehener Stärke.«

Die Wahrnehmungen der beiden einander ganz fernstehenden Beobachter stimmen also sehr gut miteinander überein: Der nächtliche Lichtschein bestand im Februar 1899 in ungewöhnlicher Stärke. Dazu bemerkt Prof. Arnet: Faktisch begleitet der nächtliche Schein das abnormale Winterwetter jetzt, gerade wie voriges Jahr. Ob er auch als Vorbote für eine längere Dauer dieses Wetters gelten kann, muss aber erst noch ge-

prüft werden. Bemerkenswert ist es gewiss, dass am 11. Januar 1899 trotz der klaren Sternennacht kein deutlicher Schein am Himmel vorhanden war, und dass dann die sehr aufgeregte, stürmische Witterungsperiode vom 12. bis 18. Januar und nachher vom 25. Januar bis 4. Februar eine Frostperiode als irreguläres Intermezzo des milden Winters folgte.

Wäre es möglich, den nächtlichen Schein mit dem Spektroskop zu konstatieren und zu analysieren, so müsste nach Arnet's Auffassung derselbe das auch dem Nordlichte zukommende gelbgrüne Licht in schwachem Masse zeigen, während das Tierkreislicht ein ganz schwaches kontinuierliches Spektrum zeigt und sich dadurch als von diffus zerstreutem Sonnenlichte herkommend ausweist. »Leider ist der nächtliche Schein noch zu schwach für diese Prüfung, oder unsere Instrumente sind zu unempfindlich für den zarten Lichtschimmer; aber wenn es einmal gelingen sollte, ihn wirklich mit dem Spektroskop zu fangen und zu analysieren, so wird das wohl nicht im Thale, sondern nur in reiner Bergeshöhe möglich werden. Dort sind die weitern Hebel anzusetzen, um den merkwürdigen Schein dem Verständnis näher zu bringen.«

21. Klimatologie und Wetterprognosen.

Die Ursachen abnormer Temperaturverhältnisse im nördlichen Europa. C. L. Madsen hat hierüber umfassende Untersuchungen angestellt. Das Folgende ist ein Auszug aus den Untersuchungen desselben[1]):

Die Temperatur- und Witterungsverhältnisse des nördlichen und westlichen Europas werden, wie bekannt, zum grössten Teile bestimmt durch den Golfstrom, dessen Bedeutung für das Klima hinreichend bezeichnet wird durch den Zuwachs von ca. $5^1/_2{}^0$ C. in der Jahrestemperatur, welche auf diesem Wege Kopenhagen zugeführt wird. Dieser ziemlich regelmässige Zuwachs ist folglich grösser an Orten, welche dem Golfstrome näher liegen, und ist überall fühlbar das ganze Jahr hindurch. Aber der Zustand im Atlantischen Meere ist nicht stabil; die Temperaturen und Strömungen wechseln, und wir werden in Kürze versuchen, einige der geo-physikalischen Phänomene aufzuweisen, die, wenn sie vereint auftreten, unzweifelhaft eine Störung in dem normalen Verlaufe veranlassen müssen.

Wir nennen hier das Vorhandensein grösserer oder kleinerer Eismassen oder Eisberge in dem Atlantic, wie auch die Spaltungen des Golfstromes in kalte und warme Bänder, welche wesentlich mitwirkend sind und die beobachteten Variationen in der Temperatur naturgemäss erklären.

Was das Vorkommen der Eisberge im Atlantic anbetrifft, so ist schon längst die Meinung vorherrschend, dass dieselben einen sehr fühlbaren Einfluss auf die meteorologischen Elemente ausüben, und schon der berühmte Astronom Bradley machte sie im Jahre 1725 für die häufigen Stürme und den Temperaturfall verantwortlich, welche an der britischen Küste stattfanden. Es ist aber doch erst in der neuesten Zeit geschehen, dass das hydrographische Institut in

---

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 125 u. ff.

Washington und namentlich die Deutsche Seewarte in Hamburg der Sache eingehende Aufmerksamkeit gewidmet haben, besonders durch die Herausgabe der bekannten, höchst interessanten Eiskarten. Eine Auszählung mit Hilfe dieser Karten hat den Verf. in den Stand gesetzt, folgende Zusammenstellung vorzunehmen, zur Beleuchtung des faktischen Zusammenhanges zwischen der Menge von Eisbergen und Eisbildungen im Atlantischen Meere und der Temperatur in Dänemark und Norwegen. Es ist in dieser numerischen Zusammenstellung das Jahr 1890 als Ausgangspunkt gewählt, weil die Menge des Eises und dessen geographische Verbreitung im Atlantic im Sommer 1890 als ganz phänomenal bezeichnet, und weil der Julimonat desselben Jahres als aussergewöhnlich kalt und die beobachtete Temperatur zu den niedrigsten in der ganzen Reihe bis zurück nach 1801 registriert wurde. Das Verhältnis zum Golfstrome mit Rücksicht auf Zeit und Abstand, welche die Abkühlung bedingt, ist zum Teil begründet in der Tendenz der nördlich gehenden Strömungen, nach O abzuweichen, welcher Umstand in ganz bedeutendem Grade den beiden Ländern zu Gute kommt. Die Zusammenstellung der genannten Faktoren für die Jahre 1890—1894 geben uns folgende Resultate:

Treibeis im nördlichen Atlantic:

	1890	1891	1892	1893	1894
Der Eisbericht ist abgeschlossen	11. August	8. Juli	24. Juni	fehlt	4. Juli
Beobachtete Eisberge, einzelne und in Gruppen	342	52	72	—	156
Gewöhnliches Treibeis	7	2	5	—	12

Temperatur im Julimonat:

		Juli 1890	Mittel Juli 1891—1894	Differenz
Dänemark	Nördl. Dänemark (Skagen, Vestening, Herning) . .	13.4° C.	15.9° C.	+ 2.5° C.
	Südl. Dänemark (Fanó, Samsó, Kopenhagen, Bogó)	14.6	16.5	+ 1.9
	Bornholm (Hammershus) .	15.2	16.4	+ 1.2
Norwegen	Südl. Norw. (Christiania, Mandal. Skudesnäs, Bergen)	13.2	16.2	+ 3.0
	Mittel Norw. (Aalesund, Christiansund, Brónó, Bodó, Andesnäo)	11.0	12.4	+ 1.3
	Nördl. Norwegen (Tromsó, Alten, Vardó)	10.7	9.8	— 0.9

Aus diesen Ergebnissen geht hervor, dass der Julimonat 1890 eine für das nördliche Dänemark und südliche Norwegen bedeutend niedrigere Temperatur hatte ($2^1/_2$—3° C.) als in den darauffolgenden vier Jahren, dass der Temperaturfall geringer war für das dem Golfstrome ferner liegende südliche und östliche Dänemark und mittlere Norwegen, und dass ein solcher gar nicht im nördlichen Norwegen beobachtet wurde.

Einige Einzelnheiten müssen auch noch hier angeführt werden. In »Nogle Bemarkninger om Isen i Davis-Stradet i Foraaret 1889«

bemerkt Kapt. Garde, dass die Eisberge eine Höhe von mehr wie 300 Fuss über dem Meeresspiegel erreichen können und das Volumen zu mehrern Hundert Millionen Kubikfuss veranschlagt werden kann. Diese Angaben stimmen ganz mit denen auf der Eiskarte für 1890, auf welcher mehrere Eisberge hervorgehoben werden, die eine Höhe bis zu 90 *m* und eine Länge von 250—600 *m* hatten. Dass solche gewaltige Eismassen, bis 2000 Fuss tief unter die Meeresfläche reichend, einen grossen Widerstand gegen das Auftauen zu leisten vermögen, ist klar, und der berühmte Polarfahrer Admiral Nares berichtet auch, dass er in den Polargegenden einen Eisberg gesehen hat, der unverkennbare Zeichen trug, dass derselbe früher eine Reise durch den Atlantic bestanden habe.

Wir beschränken uns hier auf die oben zusammengestellten Beobachtungen, welche doch hinreichen, um die klimatologische Bedeutung des massenhaften Erscheinens des Eises im Golfstrome für das nördliche Europa ausser Zweifel zu stellen. — Es ist klar, dass die starke Abkühlung der Atmosphäre und der daraus folgende, statistisch nachgewiesene, starke und reichliche Regenfall und sonstige ungünstigen Witterungsverhältnisse, wenn sie gerade in der Sommerzeit eintreffen, die Ernte beeinträchtigen müssen. Es erfordert aber genauere Untersuchungen, um dieses festzustellen; eine auffallende Thatsache bleibt es immerhin, dass die Ernte in Dänemark, nach den Ermittelungen des statistischen Bureaus zu Kopenhagen, auch im Jahre 1896 zu einem um 50 Millionen Kronen geringern Wert berechnet wurde, als nach derselben Quelle die Ernte im Jahre 1891. Die Eisberge 1890 haben hiernach dem National-Einkommen Dänemarks einen Verlust von 50 Millionen Kronen beigebracht.

Während der Einfluss der Eisberge auf die Temperatur ziemlich allgemein angenommen ist, und nur einer nähern numerischen Bestätigung bedürfte, ist das Verhältnis mit Rücksicht auf die kalten und warmen Verzweigungen des Golfstromes naturgemäss mehr kompliziert, so wie auch die durch Messungen konstatierte wiederholte Spaltung des Hauptstromes weniger beachtet sein dürfte.

Die bezüglichen Messungen sind von der U. S. Coast Survey längs der Küste von Nordamerika vorgenommen, von Kap Florida bis Sandy Hook auf einer Strecke von ungefähr 15 Breitengraden oder 900 Seemeilen. Das Fahrwasser ist bis zu einem Abstande von der Küste von ca. 600 Seemeilen untersucht, und die Breite des gemessenen Gürtels nimmt gradweise ab, bis Kap Florida, wo die Messungen ca. 65 Seemeilen von der Küste aus umfassen. Das Resultat der Untersuchungen kann in Kürze in folgendem zusammengefasst werden:

Der kalte Polarstrom längs der Ostküste von Nordamerika hat ausserhalb Sandy Hook eine Breite von 240 Seemeilen, abnehmend bis 10 Meilen ausserhalb Kap Florida. Unmittelbar auf diesen kalten Strome (the cold wall) folgt der erste warme Zweig (band) des Golfstromes mit 25—60 Meilen Breite, demnächst wiederum

ein kalter Streifen halb so breit, und abwechselnd so fort; im ganzen sind vier warme und drei kalte Streifen oder Verzweigungen beobachtet. Der Hauptstrom, der eigentliche Golfstrom, bildet das vierte Glied und nimmt ungefähr $^1/_4$—$^1/_5$ der ganzen Breite der untersuchten Strecke ein. Der Hauptzweig des Golfstromes hat ausserhalb Sandy Hook eine Breite von 127 Seemeilen und ausserhalb Kap Florida eine Breite von 25 Seemeilen.

Wenn man nun annehmen könnte, dass die Grenzen zwischen den warmen und kalten Zweigen bleibende wären, so würde kein Temperaturwechsel aus diesen Verzweigungen entstehen, aber eine solche Stabilität des Stromsystems ist kaum denkbar, auch haben die Untersuchungen ergeben, dass Verschiebungen stattfinden in dem Masse, wie der Strom sich in seinem Laufe erweitert. Es liegt also nahe, anzunehmen, dass solche Verschiebungen auch an den Küsten von Europa merkbar sind, und hier hätten wir denn eine zweite wirksame Ursache zu Unregelmässigkeiten in dem Temperaturgange, so weit derselbe vom Golfstrome herrührt.

Es ist bisher angenommen worden, dass die merkliche Einschränkung oder Auflösung des Golfstromes hauptsächlich dem Kampfe des Golfstromes gegen die kalten Wassermassen des nördlichen Atlantischen Meeres zuzuschreiben sind; es lassen sich aber auch andere Ursachen denken, welche mitwirkend sind, und durch welche die Variationen in Richtung, Zusammensetzung und Temperatur des Golfstromes sich erklären können. So z. B. muss hervorgehoben werden, dass der mächtige Golfstrom seinen einzigen Auslauf im Atlantischen Meere durch die ziemlich enge Florida-Strasse hat; der Golfstrom, oder richtiger dessen Wirkung auf die Temperaturverhältnisse und das Klima Europas beruht daher ganz auf der Unveränderlichkeit der Konfiguration dieser Wasserstrasse, welche kaum 15 geographische Meilen breit ist.

Die vorliegenden Zahlenergebnisse und Betrachtungen beweisen auch, dass sehr fühlbare, ja selbst katastrophenähnliche thermische und klimatologische Ereignisse vollkommen erklärlich sind durch terrestrische Phänomene und meteorologische Erscheinungen, wenn sie geographisch begrenzt auftreten und nicht den ganzen Erdball umfassen.

Die kalten Tage des Mai. Anknüpfend an die Arbeit von Prof. Müttrich über Spät- und Frühfröste[1]), verbreitet sich v. Bezold über die bekannten Frosttage des Mai (11.—13.)[2]). Er bemerkt, dass die Kälterückfälle dieser Tage noch deutlicher hervortreten, wenn man Gruppen von je drei Tagen zusammenfasst und schliesslich noch die mit fortschreitender Jahreszeit abnehmende Wahrscheinlichkeit des Eintrittes von Frost mit berücksichtigt.

---

[1]) Dieses Jahrbuch. 9. p. 370.
[2]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 114.

Das Ergebnis einer derartigen Zusammenfassung ersieht man aus den nachstehenden von v. Bezold gegebenen Tabellen, welche, vom 2. Mai beginnend, die Summen der aufgezeichneten Frosttage für dreitägige Zeitabschnitte enthalten, und zwar ebenso wie bei Müttrich nach Schwellenwerten der Temperatur t geschieden sind:

Summen der Frosttage im Mai (erste Hälfte):

Gruppen	$t \leqq 0.0$	$t \leqq -0.3$	$t \leqq -0.5$	$t \leqq -3.0$
I 2—4	219	210	195	98
II 5—7	249	235	220	107
III 8—10	224	209	199	80
IV 11-13	250	233	219	84
V 14—16	150	139	131	34

»In dieser Tabelle treten die dreitägigen Abschnitte von 5—7 sowie von 11—13 deutlich mit Maximalsummen hervor.

Dabei fällt das absolute Maximum bei Berücksichtigung aller, auch der schwachen Fröste, auf die Zeit vom 11.—13., wenn auch nicht stark ausgeprägt, während bei Vernachlässigung der schwächern Fröste und besonders bei ausschliesslicher Berücksichtigung jener Tage, an denen die Temperatur auf — 0.3° oder noch tiefer gesunken ist, die Zeit vom 5.—7. Mai noch mehr heimgesucht erscheint.

Dagegen macht sich ohne Rücksicht auf die gewählten Schwellenwerte jederzeit ein plötzliches Nachlassen der Frostgefahr beim Übergange von der Gruppe IV zur Gruppe V, d. h. vom 14. Mai an, geltend.

Wird schon durch diesen plötzlichen Rückgang in der Zahl der Frosttage die Aufmerksamkeit auf die Zeit der Eisheiligen gelenkt, so tritt das Verhalten dieser drei Tage noch weit schlagender hervor, wenn man das allmähliche Steigen der Temperatur um die genannte Jahreszeit mit in Betracht zieht.

Berechnet man zu dem Zwecke die Zahlen, wie sie sich ergeben würden, wenn die Zahl der Frosttage einfach linear vom Anfangswerte zum Endwerte übergingen, so erhält man die in der nachstehenden Tabelle unter »berechnet« stehenden Zahlen.

Zieht man alsdann diese Werte, die man im Hinblicke auf die, wenn auch nur für ein kurzes Stück, ausgeglichenen Kurven in gewissem Sinne als normale betrachten darf, von den beobachteten Summen ab, so erhält man Differenzen, die ein abnormes Verhalten der einzelnen Gruppen viel besser erkennen lassen, als die rohen Beobachtungszahlen.

Man erhält unter diesen Gesichtspunkten die folgende Tabelle:

Summen der Frosttage im Mai (erste Hälfte):

	$t \leqq 0.0$			$t \leqq -0.3$			$t \leqq -0.5$			$t \leqq -3.0$		
Gruppen	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.
2—4	219	219	0	210	210	0	195	195	0	98	98	0
5—7	249	202	47	235	192	43	220	179	41	107	82	25
8—10	224	184	40	209	175	34	199	163	36	80	66	14
11—13	250	167	83	233	157	78	219	147	72	84	50	34
14—16	150	150	0	139	139	0	131	131	0	34	34	0

Aus dieser Zusammenstellung entnimmt man vor allem, dass die Differenzen ohne Ausnahme das positive Vorzeichen haben. Es ist mithin die Zahl der Frosttage für den ganzen Zeitraum, vom 5. bis zum 13. Mai einschliesslich, grösser als sie bei einfach linearer Abnahme wäre, und man darf demnach diesen ganzen Abschnitt des Mai als besonders zu Frost geneigt bezeichnen. Ausserdem fällt das absolute Maximum der Differenzen, d. i. die Abweichung der beobachteten Werte von den in gewissem Sinne als normal zu betrachtenden für alle hier benutzten Schwellenwerte auf die Tage vom 11.—13. Mai, also genau auf jene Epoche, auf welche der Volksmund die Kälterückfälle verlegt hat.

Endlich sieht man auch, dass das Maximum der Tage vom 5.—7., das in den Summen selbst so stark hervortritt, dass es bei Ausschluss der leichtern Fröste sogar stets als absolutes erscheint, in den Differenzen zwar auch noch bestehen bleibt, aber nur als sekundäres mit verhältnismässig geringem Gewichte.

Aus der Betrachtung dieser Differenzen erklärt sich aber auch, weshalb das Maximum in der Zeit vom 5.—7. gerade bei den tiefern Schwellenwerten eine so hervorragende Rolle spielt.

Der Grund liegt eben einfach darin, dass die Erreichung sehr tiefer Temperaturen wegen des allgemeinen Ansteigens der Mitteltemperaturen bei fortschreitender Jahreszeit von Tag zu Tag unwahrscheinlicher wird, so dass bei gleicher Abweichung vom Mittelwerte bestimmte negative Werte um so leichter erreicht werden, je näher der Tag dem Anfange des Monats steht.

Dieses Hervortreten des ersten Maximums verschwindet jedoch zu Gunsten des auf die Tage vom 11.—13. fallenden, sowie man der stetigen Hebung des allgemeinen Temperaturniveaus Rechnung trägt.

Thut man dies, so machen sich bei Benutzung des von Müttrich gesammelten Materiales die Tage der Eisheiligen in so auffallender Weise geltend, wie man sie bisher noch niemals in statistischen Zusammenstellungen hat nachweisen können.«

Über die wahrscheinliche Ursache der geologischen Klimaveränderungen verbreitete sich Prof. Scheiner[1]). In einer sehr bemerkenswerten, im Jahre 1891 veröffentlichten Schrift: »De Klimaten der Voorweld en de geschiedeniss der zon«, die später erweitert auch in deutscher und englischer Sprache erschienen ist, hat E. Dubois zuerst den Versuch unternommen, die Entwickelungsgeschichte der Erde in Verbindung mit derjenigen der Sonne zu bringen. Da die klimatischen Verhältnisse der Erde, und damit auch die geologischen Vorgänge, in erster Linie von der Intensität der Sonnenstrahlung abhängen, so liegt dieser Gedanke eigentlich sehr nahe, und man muss sich mit dem Verf. wundern, dass man die geologischen Probleme nicht schon früher von diesem Gesichts-

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3561.

punkte aus betrachtet hat. Die frühern kosmischen Theorien der Geologie nehmen nur Bezug auf Änderungen der Elemente der Erdbewegung, berücksichtigen also nur Strahlungsverschiedenheiten durch Änderung der Distanz und der Lage in Bezug auf den strahlenden Körper.

»Ich möchte,« sagt Prof. Scheiner, »vom astronomischen Standpunkte aus etwas näher auf die Dubois'sche Theorie eingehen, unter der Voraussetzung, dass die Grundlagen derselben in geologischer Beziehung richtig sind. Der erste Teil derselben wird wohl fast jedem Astronomen als selbstverständlich erscheinen, so dass ein genaueres Eingehen auf denselben nicht erforderlich sein dürfte. Es wird gezeigt, dass in frühern Perioden die Temperatur der Erdoberfläche eine wesentlich höhere gewesen ist, entsprechend der stärkern Bestrahlung durch die Sonne, als letztere noch dem ersten Spektraltypus angehörte. Die relative Dauer der heisseren Zeiten gegenüber den spätern kühlern lässt sich in Zusammenhang bringen mit der relativen Dauer des Verweilens eines Sternes innerhalb der einzelnen Spektralklassen auf Grund des von mir auf p. 326 meiner Spektralanalyse der Gestirne gegebenen Gedankenganges, nach welchem diese Dauer ungefähr dem Prozentsatze der jetzt jeder einzelnen Klasse angehörenden Sterne proportional gesetzt werden kann. Übrigens hat fast zu gleicher Zeit und gänzlich unabhängig hiervon Dubois in seiner erwähnten holländischen Schrift, p. 74 f., die Anfang 1891 zu Batavia erschienen ist, den gleichen Gedankengang ausgesprochen und darnach auch das Verhältnis zwischen der jetzigen und der frühern Strahlungsintensität der Sonne abgeschätzt, p. 75 ff. Welchen Einfluss hierbei auch die eigene Wärme der Erde ausgeübt haben kann, möge hier unerörtert bleiben.

Dubois geht aber noch einen Schritt weiter, indem er auch die in den letzten Jahrtausenden eingetretenen periodischen Klimaschwankungen, die sich in den Eiszeiten dokumentieren, durch entsprechende Variationen der Sonnentemperatur zu erklären versucht. Ich muss gestehen, dass ich diesem Teile der Dubois'schen Theorie bisher sehr skeptisch gegenüber gestanden habe, da man einmal überhaupt nichts von Schwankungen der Sonnentemperatur von Jahrtausende langen Perioden kennt, und ferner so starke Schwankungen der Sonnentemperatur, wie sie auf den ersten Blick erforderlich scheinen, äusserst unwahrscheinlich sind. Ich habe mich nun in den letzten Jahren vielfach mit dem Problem der Sonnentemperatur beschäftigt (die Resultate dieser Untersuchungen sind Seite 7 dieses Bandes behandelt), und bei dieser Gelegenheit hat sich meine Ansicht über den zweiten Teil der Dubois'schen Theorie wesentlich zu deren Gunsten geändert.

Es handelt sich zunächst darum, festzustellen, um welchen Betrag sich die Strahlung der Sonne vermindern muss, damit eine Eiszeit, z. B. für Mitteleuropa, eintritt, und alsdann zu berechnen, durch welche Änderung der Sonnentemperatur dies hervorgerufen werden kann.

Um die Vergletscherung eines Landes herbeizuführen, ist das Auftreten besonders tiefer Wintertemperaturen nicht erforderlich Abgesehen von lokalen Einflüssen und der Menge der Niederschläge ist hierzu nur notwendig, dass die mittlere Temperatur während langer Zeiträume unterhalb 0° liegt. Nun beträgt zur Zeit die mittlere Temperatur Europas etwa +10°; nähme sie also um 10° ab, so würde eine neue Eiszeit für diesen Weltteil beginnen, und dies entspräche einer Abnahme der Sonnenstrahlung von rund $^1/_9$ ihres Betrages, wie sich leicht durch folgende Betrachtung ergiebt: Nach den Untersuchungen von Zenker beträgt die mittlere Temperatur der Erdoberfläche ohne die solare Strahlung, nach gut untereinander stimmenden Methoden berechnet, —73°; d. h. bei dieser Temperatur würde Gleichgewicht zwischen der Ausstrahlung der Erde in den Weltraum und der Wärmezufuhr aus dem Erdinnern eintreten. Als wirk-

liche mittlere Temperatur der Erdoberfläche wird der Wert $+15^{\circ}$ angegeben; die Sonnenstrahlung bewirkt demnach eine Erhöhung der Erdoberflächentemperatur von 88°, eine Erniedrigung dieses Betrages um $^{1}/_{9}$ würde somit für Mitteleuropa eine Eiszeit bedingen.

Grössere Schwierigkeiten bereitet der Übergang von einer Strahlungsänderung auf die Temperatur des strahlenden Körpers, doch sind auch diese in den letzten Jahren wesentlich gehoben worden. Unter den vielen Strahlungsgesetzen, die seit Newton aufgestellt worden sind, steht zweifellos das Stefan'sche an erster Stelle. Nach demselben ist der Strahlungseffekt proportional der vierten Potenz der absoluten Temperatur des strahlenden Körpers: $E = c \cdot T^4$. Neuere Prüfungen durch Lummer und Pringsheim, bei denen Temperaturen bis zu 1300° verwendet werden konnten, ergaben die volle Gültigkeit des Stefan'schen Gesetzes bis zu diesen Grenzen; die beste Darstellung wurde mit dem Exponenten 3.96 anstatt 4 erhalten. Eine Extrapolation mit Hilfe eines empirischen Gesetzes auf das Fünf- bis Achtfache des Prüfungsintervalles bleibt allerdings immer bedenklich; aber gerade das Stefan'sche ist das einzige der bisherigen Strahlungsgesetze, welches eine theoretische Begründung erfahren hat, indem Boltzmann es aus der elektromagnetischen Lichttheorie in Verbindung mit der mechanischen Wärmetheorie ableiten konnte.

Ich möchte die Brauchbarkeit des Stefan'schen Gesetzes durch ein charakteristisches Beispiel erläutern. Pouillet hat aus seinen Messungen der Sonnenstrahlung mit Hilfe des Strahlungsgesetzes von Dulong und Petit eine Sonnentemperatur von ungefähr 1500° abgeleitet, während Secchi aus seinen Beobachtungen unter Anwendung des Newton'schen Gesetzes eine Sonnentemperatur von vielen Millionen Grad erhielt. Beide Werte sind nach unsern heutigen Anschauungen unmöglich, und der in ihnen enthaltene Widerspruch hat wesentlich dazu beigetragen, die physikalischen Forschungen an der Sonne mit grossem Misstrauen zu betrachten. Wendet man nun das Stefan'sche Gesetz auf diese beiden Strahlungsmessungen an, so erhält man nach Pouillet eine Sonnentemperatur von 5600°, nach Secchi von 5400°, d. h. in guter Übereinstimmung einen einigermassen plausiblen Wert, der aber wahrscheinlich zu niedrig ist, da die bei den Pouillet'schen und Secchi'schen Beobachtungen vorhandenen Fehlerursachen in der Richtung gewirkt haben, den Betrag der Solarkonstante herabzudrücken.

Nach meinen bereits erwähnten Untersuchungen ergiebt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass die Sonnentemperatur innerhalb der Grenzen von 5000 und 10000° anzunehmen ist — die Sonnentemperatur hierbei definiert als die absolute Temperatur einer in beliebiger Entfernung von der Erde befindlichen Kugel vom scheinbaren Durchmesser und dem gleichen Strahlungseffekt der Sonne und dem Emissionsvermögen eines absolut schwarzen Körpers. Nach dem Stefan'schen Gesetze entspricht nun einer Strahlungsänderung um $^{1}/_{9}$ eine Temperaturänderung des strahlenden Körpers von rund 3%, demnach für die untere Grenze der Sonnentemperatur ungefähr 150°, für die obere ungefähr 300°. Das ist überraschend viel weniger, als man sich früher vorgestellt hat, und in Anbetracht der starken lokalen Veränderungen, denen die Photosphäre ständig unterworfen ist, muss man sich umgekehrt eigentlich über die Konstanz der mittlern Erdtemperatur wundern.

Ich nehme natürlich nicht an, dass die ganze Sonnenmasse periodischen Temperaturschwankungen von dem angedeuteten Betrage unterworfen sein könnte, sondern dass dieselben sich nur in der Atmosphärenschicht, als welche die Photosphäre zu betrachten ist, abspielen. Die Masse der Photosphäre ist gegenüber der Sonnenmasse ganz verschwindend gering, so dass ihre Temperatur durch Ausstrahlung sehr schnell heruntergehen könnte, wenn aus irgendwelchen Ursachen die Wärmezufuhr aus dem Innern im ganzen oder lokal periodischen Abschwächungen unterworfen wäre. Ich möchte nur andeuten, dass auch andere variable Ursachen mitwirken können,

wie z. B. Veränderungen der Absorption innerhalb der obersten Schichten der Photosphäre und Veränderungen des Emissionsvermögens.

Es steht demnach die erforderliche Grösse der Amplitude der periodischen Strahlungsschwankungen nicht im Widerspruche mit den Thatsachen auf dem Gebiete der Sonnenphysik, und es bleibt nur noch die Frage offen, ob überhaupt Schwankungen der Strahlung von Jahrtausende langer Periode vorhanden sein können. Irgend etwas Positives lässt sich hierüber naturgemäss nicht sagen; man muss sich damit begnügen, wenn einer solchen Annahme nichts Positives entgegengehalten werden kann, wie dies thatsächlich nicht der Fall zu sein scheint. Eine periodische Strahlungsänderung der Sonne ist mit Sicherheit nachgewiesen: die elfjährige Periode der Sonnenflecken. Dass in diesem Falle die Strahlungsänderungen in den klimatischen Verhältnissen der Erde nicht mit Bestimmtheit haben nachgewiesen werden können, braucht durchaus nicht an ihrer etwa verschwindend kleinen Grösse zu liegen, sondern wird wesentlich durch die Kürze der Periode bedingt sein, innerhalb welcher merkliche Summationen nicht zustandekommen können. Eine zweite Periode von 50—60jähriger Dauer scheint angedeutet zu sein, und es steht meines Erachtens, wenn überhaupt eine oder zwei Perioden konstatiert sind, nichts im Wege, noch andere Perioden von bedeutend längerer Dauer für möglich zu halten, besonders wenn man die Wilsing'sche Erklärung der Sonnenfleckenperiode annimmt, nach welcher die letztere durch eine gewisse Zähigkeit der innern Schichten von verschiedener Winkelgeschwindigkeit in Verbindung mit der Reibung hervorgerufen wird. Als ständig wirkende Ursache, welche immer von neuem wieder nach erfolgtem Ausgleiche den Spannungszustand hervorruft, ist hierbei wohl die langsame Zusammenziehung des Sonnenballes anzunehmen.

Es scheint mir sogar die Umkehr des Problemes durchaus gestattet, nämlich aus den periodischen Klimaschwankungen der Erde innerhalb der letzten Jahrtausende auf entsprechende Änderungen der Sonnenstrahlung zu schliessen.

Sollten sich die bisherigen rein tellurischen Erklärungen der Eiszeiten, z. B. durch Veränderungen im Laufe des Golfstromes, nicht aufrecht erhalten lassen, und sollte sich entsprechend die Annahme einer kosmischen Ursache als notwendig herausstellen, so würde die Dubois'sche Theorie wohl als einfachste und einwurfsfreieste zu betrachten sein und auch für die Sonnenphysik von hoher Bedeutung werden.«

Die wissenschaftliche Grundlage einer Wetterprognose auf mehrere Tage voraus, behandelt Dr. J. van Bebber[1]). Er unterschied schon früher[2]) fünf Hauptwetterlagen, nämlich:

Typus I: Hochdruckgebiet im Westen Europas, etwa über den britischen Inseln und deren Nachbarschaft, Depressionen über den östlicher gelegenen Gegenden (dieser Typus ist in den Tabellen nach der Lage des Maximums mit W + NW bezeichnet).

Typus II: Hochdruckgebiet über Zentraleuropa, speziell über Deutschland (Strahlungstypus), Depressionen erst in grösserer Entfernung (Zentral oder C.)

Typus III: Hochdruckgebiet über Nord- oder Nordosteuropa, Depressionen auf der Südseite des Hochdruckgebietes, am häufigsten über dem Mittelmeergebiete oder der Biscayasee (N + NO).

---

[1]) Das Wetter 1899. p. 217.
[2]) Vgl. dieses Jahrbuch IX. p. 382.

Typus IV: Hochdruckgebiet über Ost- oder Südosteuropa, Depressionen im Westen (O + S O).

Typus V: Hochdruckgebiet über Süd- oder Südwesteuropa, Depressionen in nördlichen Gegenden (S + S W).

Im Sommer, worauf es für die landwirtschaftliche Praxis am meisten ankommt, herrschen drei Wettertypen entschieden vor, nämlich Typus I, Typus V und, in etwas schwächerem Masse, Typus II. Typus I ist kühl, böig, veränderlich, häufig mit Regenschauern, Typus V ist trübe, regnerisch und kühl, wogegen Typus II uns sonnige, warme und trockene Tage bringt. Daher sind unsere Sommer in den meisten Fällen kühl und nass.

Die Fälle, in welchen das Hochdruckgebiet auf der Westhälfte des Horizontes liegt, sind viel häufiger als solche, in denen das Maximum eine östliche Komponente hat, namentlich zur Sommerszeit.

Der mittlern Luftdruckverteilung entsprechend ist der Typus IV ein Wintertypus. Im eigentlichen Sommer zeigt er ein entschiedenes Minimum, während er im Winter sehr häufig ist.

Auffallend erscheint das starke Hervortreten des Typus III im April, aber diese Thatsache zeigt sich in allen Lustren. Im Sommer kommt dieser Typus verhältnismässig selten vor.

Die mittlere Dauer der Wettertypen war in dem zwanzigjährigen Zeitraume 1876—1895 folgende:

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	C	N + NO	O + SO	S + SW	W + NW
Dezember.	1.7	2.2	2.1	1.6	2.1	2.0	2.2	(1.7)	2.2	3.2	2.6	3.2	2.2
Januar. .	2.4	3.0	2.9	1.7	1.8	3.0	2.8	1.5	2.4	4.0	3.9	3.9	3.2
Februar .	2.5	3.2	2.7	2.0	2.7	2.7	2.2	1.5	2.1	4.9	3.2	4.1	2.6
März . .	2.7	3.0	2.4	1.8	1.9	2.0	3.0	1.2	1.8	3.5	2.4	3.2	3.1
April . .	3.3	2.1	2.3	1.3	1.4	1.7	2.8	1.5	1.7	5.0	2.1	2.0	3.2
Mai . .	2.7	2.0	1.7	1.3	1.8	2.1	2.4	2.5	1.9	3.4	2.0	2.5	3.4
Juni . .	2.4	2.0	1.3	(1.4)	1.5	2.4	3.3	2.5	2.2	2.9	2.2	2.8	3.8
Juli. . .	1.6)	(1.2)	1.3	1.5	1.8	2.2	2.9	2.4	2.2	1.5	1.5	2.7	3.3
August .	2.3	1.8	1.3	1.5	1.8	2.1	2.7	(2.3)	2.2	2.8	1.6	3.2	3.3
September	1.9	2.7	1.9	1.5	1.8	1.7	2.8	2.0	2.3	2.8	1.7	2.6	3.0
Oktober .	2.0	2.1	2.5	1.6	1.6	1.8	2.5	2.1	1.8	3.0	3.0	2.7	3.0
November	2.6	2.3	2.5	2.0	1.6	1.7	2.0	1.8	1.8	2.6	2.7	2.4	4.8
Winter .	2.2	2.8	2.6	1.9	2.1	2.4	2.4	1.6	2.2	3.9	3.1	3.7	2.7
Frühjahr .	3.0	2.3	2.2	1.4	1.7	1.9	2.8	1.7	1.8	4.1	2.2	2.6	3.2
Sommer .	2.2	1.8	1.3	1.5	1.7	2.4	3.0	2.4	2.2	2.5	1.7	2.9	3.6
Herbst. .	2.2	2.3	2.4	1.8	1.7	1.7	2.6	2.0	2.0	2.8	2.4	2.5	3.4
Jahr . .	2.5	2.4	2.2	1.7	1.8	2.1	2.6	1.9	2.1	3.4	2.4	2.9	3.3

Die Dauer, also die Erhaltungstendenz der Wettertypen zeigt auch im zwanzigjährigen Zeitraume grosse Verschiedenheiten. Als durch-

schnittliche Dauer ergeben sich etwa drei Tage. Die Erhaltungstendenz ist kürzer, wenn das Hochdruckgebiet über Ost- oder Südeuropa liegt, insbesondere dann, wenn Deutschland selbst vom Hochdruckgebiete überdeckt wird. In der jährlichen Periode zeigt die Kurve für Typus III (N + N O), (ebenso wie für die Häufigkeit) eine auffallende Anschwellung im April, aber sehr geringe Werte im Sommer. Typus IV (O + S O) zeigt im Winter sein Maximum, sein Minimum im Sommer. S + S W ist im Winter und Spätsommer am beständigsten, während W + N W im Frühsommer die grösste Erhaltungstendenz aufweist. Die Dauer der zentralen Lage ist in allen Jahreszeiten verhältnismässig gering und unbedeutend. Wir können hier im allgemeinen die Thatsache konstatieren, dass die Erhaltungstendenz mit der Häufigkeit zunimmt.«

Die Aufeinanderfolge der Wettertypen zeigt manches Gesetzmässige. Am häufigsten folgt:

auf	im Winter	im Frühjahr	im Sommer	im Herbst	überhaupt
N + N O	O + S O	O + S O	S + S W	O + S O	O + S O
O + S O	S + S W	S + S W	S + S W	S + S W	S + S W
S + S W	W + N W	zentral	zentral	W + N W	zentral
W + N W	S + S W	S + S W	zentral	zentral	zentral
zentral	O + S O	O + S O	S + S W	O + S O	O + S O

»Der Witterungscharakter unserer Gegenden ist abhängig von der Häufigkeit und der Beständigkeit der oben besprochenen Wettertypen, wobei allerdings der Einfluss der Jahreszeiten ganz bedeutend ins Gewicht fällt. Jeder Wettertypus wird durch die jeweilige Luftdruckverteilung bedingt, diese ruft wieder bestimmte Luftströmungen hervor, und diese sind je nach den Jahreszeiten von bestimmten Witterungserscheinungen begleitet.

Typus I hat böige, feuchtkalte Winde aus nördlichen Richtungen (namentlich N W-Winde) im Gefolge, daher ist bei seiner Herrschaft auch das Wetter böig und nasskalt. Typus II bringt naturgemäss ruhiges, trockenes, im Sommer sonniges und warmes, im Winter nebliges, oft sehr kaltes Wetter. Man kann ihn Strahlungstypus nennen, obgleich der Lufttransport namentlich bei seinem Zustandekommen immerhin eine grosse Rolle spielt. Typus III führt die kalte, dampfarme Luft aus Russland zu uns herüber, im Sommer ist er warm, im Winter kalt. Gewöhnlich leitet er (zuweilen auch Typus I) unsere strengen Winter ein. Typus IV ist entsprechend den südlichen und südöstlichen Luftströmungen im Sommer warm, ebenso meist auch im Winter je nach den im Südosten unseres Erdteils vorwaltenden Wärmeverhältnissen. Typus V endlich, der häufigste von allen Typen, ist in allen Jahreszeiten nass, im Winter warm, im Sommer kühl.

Typus I (W + NW) weist in allen Monaten des Jahres zu niedrige Temperaturen auf, namentlich in der wärmern Jahreszeit im Juni sogar 92 %. Typus II ist am kältesten im eigentlichen Winter, am wärmsten im Sommer. Ebenso verhält sich der

Typus III. Typus IV zeigt nur im Januar einen Wärmemangel, dagegen in den übrigen Monaten durchweg einen Wärmeüberschuss namentlich in der wärmern Jahreszeit. Typus V ist im Winter warm, dagegen im Sommer kühl.

Im Grunde genommen besagen diese Ausführungen (abgesehen von den Zahlenwerten) nichts was dem praktischen Meteorologen nicht schon längst bekannt wäre. Wenn van Bebber daher meint, auf diesem Wege eine Grundlage für Wetterprognosen auf einige Tage voraus zu geben, so ist dies ein seltsamer Irrtum. Wenn z. B. zur Sommerzeit bei hohem Barometerstande östliche Winde wehen (entsprechend dem Typus III), so weiss man längst, dass alsdann warmes und vielfach heiteres Wetter herrscht, und dieser Witterungscharakter durchweg mehrere Tage andauert. Wichtig aber wäre bestimmen zu können, wann er aufhört, also das Wetter umschlägt. Das aber lässt sich auch aus den »Typen« van Bebber's durchaus nicht ableiten, ja die Fälle, um welche es sich recht eigentlich handelt, nämlich plötzliche Umschläge des Wetters, können meist nicht einmal von heute auf morgen auf Grund der täglichen telegraphischen Wetterdepeschen sicher voraus bestimmt werden, wozu die eigenen Tagesprognosen van Bebber's die besten, nicht wegzuleugnenden Belege bieten. Von einem Nutzen derartiger mehrtägiger Prognosen für die Landwirtschaft kann also gar keine Rede sien.

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 47719

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

XI. Jahrgang 1900.

Mit fünf Tafeln in Schwarzdruck.



EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1901.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Die Sonne.

Sonnenstatistik 1899. Die Relativzahlen der Sonnenflecke sind wie gewöhnlich von A. Wolfer festgestellt worden.[1]) Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate auf Grund der in Zürich und an 15 Orten angestellten Beobachtungen, und zwar bezeichnet m die Zahl der fleckenfreien Tage, n die der Beobachtungstage und r die mittlere Relativzahl.

1899	m	n	r
Januar	2	31	19.5
Februar	10	28	9.2
März	4	31	18.1
April	1	30	14.2
Mai	7	31	7.7
Juni	2	30	20.5
Juli	9	31	13.5
August	24	31	2.9
September	11	30	8.4
Oktober	16	31	13.0
November	10	30	7.8
Dezember	8	31	10.5
Jahr	104	365	12.1

Das Jahresmittel stellt sich hiernach für 1899 auf $r = 12.1$ und zeigt somit gegenüber dem Vorjahre die für die Umgebung eines Minimums verhältnismässig starke Abnahme von 14.6 Einheiten. In noch stärkerem Grade hat die Zahl der fleckenfreien Tage zugenommen, nämlich von 39 auf 104. »Die frühere Bemerkung«, bemerkt Prof. Wolfer, »dass das Jahr 1898 eine durch ein starkes Wiederanwachsen der Thätigkeit in der zweiten Hälfte des Jahres veranlasste Anomalie im Gange der Fleckenhäufigkeit aufweise, und dass das Stationärbleiben des Jahresmittels von 1897 auf 1898 nicht etwa als Anzeichen von der unmittelbaren Nähe des Minimums zu betrachten sei, bestätigt sich also vollkommen. Liesse

[1]) Astron. Mitteilungen Wolfer No. 91. Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich 1900.

man das Jahresmittel von 1898 ausser Betracht, so würde die Verbindung desjenigen von 1899 mit dem von 1897 und den vorhergehenden eine ganz regelmässig absteigende Fleckenkurve mit ebenso gleichmässig abnehmendem Gefälle ergeben, und nach ihrem Verlaufe zu schliessen, dürfte das bevorstehende Minimum sogar erst im Laufe von 1901 zu erwarten sein. Es geht dies auch daraus hervor, dass die die neue Thätigkeitsperiode einleitenden Flecken- und Fackelbildungen in hohen Breiten noch fast gänzlich fehlen, indem nach den Zürcher Beobachtungen bis jetzt — Mitte 1900 — nur ein einziger kleiner Fleck am 27. September 1899 in 37° heliographischer Breite beobachtet worden ist, und auch Fackelgruppen in höhern Breiten nur ganz vereinzelt aufgetreten sind.«

Der Verlauf der Fleckenthätigkeit im einzelnen während des Jahres zeigt nur geringe Schwankungen oder sekundäre Wellen. Die genauere Untersuchung ergiebt »wieder neue Belege für die oft hervorgehobene Thatsache, dass die Thätigkeit auch zu solchen Zeiten, wo sie verhältnismässig gering ist, und die einzelnen Fleckengruppen nur kurze Dauer haben, sich oft durch viele Monate hindurch auf ganz bestimmte, deutlich abgegrenzte Stellen der Fleckenzonen konzentriert. Das erste Semester des Jahres, in welchem zwei solche Gebiete vorhanden waren, scheint ausserdem auch Anzeichen von der früher ebenfalls mehrfach erwähnten diametralen Gegenüberstellung solcher Gebiete zu enthalten, indem das eine von ihnen sich um den Meridian von 270°, das andere um denjenigen von etwa 70° herum erstreckt.«

Die Beziehungen der grossen Sonnenprotuberanzen zu den Flecken, Fackeln und zu den Polarlichtern hat U. Mazzarelli studiert.[1]) Unter grossen Protuberanzen versteht er solche von mindestens 90″ scheinbare Höhe, wobei die Beobachtungen zu Palermo und Catania 1881—1898 zum Grunde gelegt wurden. Zunächst wurde die Verteilung der hohen Protuberanzen nach der heliographischen Breite von 10 zu 10° zusammengestellt, wobei sofort erkannt wird, dass die einzelnen Breitenzonen Verschiedenheiten darbieten, aus denen aber wegen der Kürze der berücksichtigten Beobachtungsperiode sich keine allgemeinen Schlüsse ableiten lassen. So viel steht aber fest, dass auf der nördlichen Sonnenhalbkugel grosse Protuberanzen überhaupt nur zwischen 0 und +70° vorkommen und auf der südlichen Halbkugel zwischen 0 und —80°, also auf beiden in nahezu gleichen Zonen. Die meisten hohen Protuberanzen werden auf beiden Halbkugeln in den symmetrischen Zonen 20—50° angetroffen; speziell die Zone ±30° bis ±40° weist die grösste Zahl der hohen Protuberanzen auf.

Von den Sonnenflecken ist nun bekannt, dass sie über ± 30° hinaus so selten auftreten, dass sie dort vernachlässigt werden können,

[1]) Mem. della Soc. degli Spettrosc. Ital. 1900. **29**. p. 23.

wo, wie wir nun erfahren, die hohen Protuberanzen am zahlreichsten vertreten sind. Für die Beobachtungszeit ist eine kleine Tabelle der Flecken, die in höhern Breiten als 30° gesehen wurden, gegeben, und die Dürftigkeit der Fleckenzahl, wie die äusserste Seltenheit des zeitlichen Zusammenfallens beider Erscheinungen beweisen absolut, dass in den Sonnenbreiten über ± 30° gar kein Zusammenhang zwischen hohen Protuberanzen und Flecken existiert. Noch beweisender aber für die Unabhängigkeit beider ist die Berücksichtigung der eigentlichen Fleckenzone zwischen + 30° und — 30°. Obwohl hier 227 hohe Protuberanzen beobachtet sind, zeigen nur 22 Fälle ein zeitliches Zusammentreffen mit Flecken.

Die Vergleichung mit den Sonnenfackeln, welche von mehrern Astrophysikern für identisch mit den Protuberanzen, mit denen sie im Spektrum die Linie K gemeinsam haben, gehalten werden, hat zu genau denselben Ergebnissen geführt, wie die Untersuchung der Sonnenflecken. Unter den in der berücksichtigten Zeitepoche beobachteten 504 hohen Protuberanzen fielen nur 35 zeitlich und räumlich mit Fackeln zusammen.

Zur Vergleichung der Protuberanzen mit den Polarlichtern hat Verf. den Katalog benutzt, den Angot in seinem Polarlichtwerke veröffentlicht hat; dieses Verzeichnis reicht jedoch nur bis 1890. Aus der Zusammenstellung der Nordlichtbeobachtungen mit denen der hohen Protuberanzen ergab sich, dass unter 204 hohen Protuberanzen nur 56 oder 24 % zeitlich mit Polarlichtern zusammenfielen. Hier freilich kommt der Umstand, dass die Protuberanzen nur am Sonnenrande beobachtet werden, ganz besonders in Betracht, der Schluss ist daher nicht bindend.

Das Wesen der Sonnenflecke. Gelegentlich der Beschreibung eines am 17. Juni 1900 beobachteten grossen Sonnenfleckes, der einer Gruppe von 80000 *km* angehörig, mit seinen Anhängen einen Durchmesser von 36000 *km* besass, äussert Moreux sich über die Natur der Flecke. Der von ihm abgebildete grosse Fleck ist nach Moreux ein schönes Beispiel für die bisher noch wenig erforschte Teilung der Flecke, welche er nach seinen Erfahrungen als eine Wirkung des Eindringens der Photosphäre ansieht. Die unter dem Namen »Reiskörner« bekannten hellen Wolken verlängern sich, wie vom Flecke angezogen, bilden den Hof und stürzen bald in den Kern, was in der Figur schön zur Anschauung kommt. — Zur Erklärung aller von den Flecken bekannten Erscheinungen nimmt Moreux an, dass sie überhitzte (hyperthermische) Gebiete darstellen. Jede Wärmezunahme an der Sonnenoberfläche begünstigt die Dissociation und unterdrückt die Strahlung dieser Stelle der Photosphäre. Als Ursache solcher Wärmesteigerung wird eine lokale Verdichtung der Korona- und Chromosphärenstoffe angenommen; gleichzeitig wird an dem Orte eines Fleckes ein Zentrum eines Hochdruckgebietes vorausgesetzt, das die überhitzten Gase hindert,

aufzusteigen und sich oben zu verbinden. Wäre das Druckzentrum nicht vorhanden, so hätte man hier Fackeln statt eines Fleckes. Zur Stütze dieser Anschauung wird angeführt, dass das Spektrum der Flecke dasselbe ist, wie das der Photosphäre, und dass der Kern eine violette Färbung besitzt, ferner die strahlenartige Anordnung des Fleckenhofes.[1])

Die grösste mögliche Dauer einer totalen Verfinsterung der Sonne. Dieses Problem ist von C. T. Whitwell behandelt worden.[2])

Die Bedingungen für die Maximaldauer der Totalität sind:

1. Der Neumond in oder sehr nahe seinem Knoten muss in möglichst günstiger Erdnähe stehen.

2. Die Sonne muss in der Erdferne sein.

3. Während der Totalität, welche an einem Orte beobachtet werden muss, wo sie um Mittag nach Lokalzeit eintritt, muss der Mondschatten sich längs einem Parallelkreise der Breite bewegen, so dass die tägliche Bewegung des Beobachters auf der rotierenden Erde für die beobachtete Zeitdauer parallel zur Bewegung des Mondes erfolgt. Dadurch verlangsamt sie soviel als möglich die Bewegung des Mondschattens auf der Erdoberfläche für diesen Beobachtungsort.

4. Sonne und Mond müssen im Scheitelpunkte des Beobachters stehen, so dass der Durchmesser des Schattens so breit als möglich ist.

5. Der Beobachter muss sich auf dem Erdäquator befinden, so dass die Geschwindigkeit seiner Bewegung mit der Erdumdrehung möglichst gross ist.

Die vorstehenden Bedingungen könnten alle gleichzeitig erfüllt sein, wenn Sonne und Mond sich in der Ebene des Erdäquators bewegten, da dies aber nicht der Fall ist, so heben sie sich einander zum Teil auf.

Die Bedingungen 1. und 2. können gleichzeitig erfüllt sein, auch 3. zu gewissen Zeiten. Denn die Mondbahn macht mit der Ekliptik einen Winkel von nahezu 5°, und dies ist auch ungefähr die Grösse des Winkels, welchen der absteigende Teil der Ekliptik mit dem Breitenparallel macht, welches sie im Punkte des Apogäums schneidet. Der Mond muss folglich in oder nahe dem aufsteigenden Knoten stehen. Die Bedingungen 4. und 5. können nicht gleichzeitig erfüllt werden. Nach 4. muss der Beobachter sich nahe dem Wendekreise des Krebses befinden, dies vermehrt den Durchmesser des Mondschattens, vermindert aber die Geschwindigkeit der Bewegung des Beobachters mit der rotierenden Erde, welche die Bewegung des Schattens verlangsamt. Die Bedingung 5. verweist den Beobachter auf den Erdäquator, dort aber ist der Durchmesser des Mondschattens kleiner, weil der Mond daselbst nicht im Zenith steht, sein Schatten also die Erdoberfläche schräg trifft. Die nähere Untersuchung ergiebt, dass keine der beiden Positionen unter 4. und 5. die beste ist, dass aber 5. günstiger auf die Länge der Dauer wirkt als 4.

Nehmen wir an, die Sonne befinde sich im Apogäum, so kann die Mondparallaxe auf 61′ 22″ steigen, wenn sich der Mond in der grösstmöglichen Erdnähe befindet. Nehmen wir ferner die Sonne im Apogäum und in 22° 53′ 55″ nördl. Deklination, so findet sich ihr scheinbarer Halbmesser zu 15′ 43.78″. Der lineare Halbmesser des Mondes beträgt 1081.5, der Erdmesser 3963 engl. Meilen. Der geozentrische Winkelhalbmesser des Mondes ist unter obigen Verhältnissen 16′ 44.77″. Nehmen wir jetzt

---

[1]) Compt. rend. 1900. 130. p. 1743 durch Naturwissenschaftliche Rundschau No. 36.

[2]) Monthly Notices 60. No. 6. 1900. p. 435.

den Beobachter an als stationiert unter einer geozentrischen nördl. Breite von 22° 53′ 55″ und den Mond im Knoten und gleichzeitig im Zenith des Beobachters um Mittag von dessen Ortszeit. Die Geschwindigkeit des Beobachters mit der rotierenden Erde wird dann in Bezug auf den Mondschatten 955.74 engl. Meilen pro Stunde geringer sein, als wenn er sich auf dem Erdäquator befände. Die synodische Geschwindigkeit des Mondes ist 2310.50 engl. Meilen pro Stunde; der Durchmesser seines Schattens beträgt 167.89 und seine Geschwindigkeit, mit der er über den Beobachter hinwegstreift, 1354.76 engl. Meilen pro Stunde. Die Dauer T der Totalität in Stunden und deren Dezimalteilen für den Ort unter 22° 53′ 55″ nördl. Breite ist hiernach:

$$T = \frac{167.89}{1354.76} \text{ oder } = 7^m\ 26.13^s.$$

In diesem Falle steht also der Mond im Scheitelpunkte. Nehmen wir jetzt an, er habe eine kleine südliche Breite, so dass sein Schatten noch den Äquator trifft. Jetzt wird der Durchmesser des Schattens kleiner sein, aber die Geschwindigkeit, mit der sich der Beobachter auf der rotierenden Erde bewegt, ist grösser und vermindert in gleichem Grade die relative Geschwindigkeit der Schattenbewegung. Unter der Breite 0° 0′ 0″ ergiebt sich hiernach die Dauer der Totalität:

$$T = \frac{165.08}{1273.00} \text{ oder } = 7^m\ 46.86^s.$$

Ob dies die grösstmögliche Dauer der totalen Verfinsterung ist, lässt sich aus diesen beiden berechneten Fällen nicht entscheiden, man müsste vielmehr auf diesem Wege von Grad zu Grad oder sogar von Minute zu Minute der geographischen Breiten zwischen 0° und 22° 53′ 55″ die Rechnung ausführen, um die Frage zu entscheiden. Die Differentialrechnung giebt aber ein bequemes Mittel an die Hand, um dasselbe Resultat zu finden, indem sie das Problem als einen Fall der Bestimmung eines Maximums und Minimums behandelt. Auf diesem Wege ergiebt sich, dass das wirkliche Maximum der Dauer unter der Breite 4° 47′ 13″ stattfindet und 7m 48.45s beträgt. Die Rechnung führt aber noch auf einen zweiten Wert für die geographische Breite, nämlich 192° 32′ 47″. Dieser Wert sagt uns, dass unter den gegebenen Verhältnissen die kürzeste Dauer an einem Orte von 12° 32′ 47″ südl. Breite und 180° in Länge von dem obigen Orte entfernt eintritt. An diesem Orte ist zur Zeit der Mitte der Totalität genau Mitternacht, die Sonne kann also dort nicht gesehen werden. Sie würde daselbst nur sichtbar sein, wenn die Erde eine hohle, durchsichtige Glaskugel wäre, und die Sonne nahe senkrecht unter den Füssen des Beobachters stände. Dieses Resultat hat natürlich nur ein theoretisches Interesse, aber es illustriert, wie Whitwell treffend bemerkt, die Allgemeinheit, mit welcher die mathematischen Formeln die Lösung eines Problems geben.

Die oben angegebenen Werte für die maximale Dauer der totalen Sonnenfinsternisse hängen von den angegebenen Werten für den Monddurchmesser und den Erddurchmesser ab. Nun ist aber die Erde keine Kugel, ihr Halbmesser ändert sich also mit der geographischen Breite, und dies beeinflusst wiederum die in Rede stehende Dauer. Auch für den scheinbaren Mondradius und die Parallaxe des Mondes kann man etwas andere Werte zu Grunde legen wie die obigen. Nach dem Nautical Almanac ist im mittlern Abstande der für Finsternisse in Betracht kommende Wert des scheinbaren Mondhalbdurchmessers 15′ 32.65″, und die Horizontal-Parallaxe des Mondes in mittlerer Distanz 57′ 2.70″. Mit diesen Werten hat Whitwell die Rechnung ebenfalls durchgeführt und findet folgende Ergebnisse für die grösstmögliche Dauer einer totalen Sonnenfinsternis unter den beigefügten geographischen Breiten:

unter dem Äquator			. . . . . .	7m	37.94s
nördl. Breite	4° 0′	0″	. . . .	7	39.54
» »	4 51	45	. . . .	7	39 58
» »	6 0	0	. . . .	7	39.46

Im 18. Jahrhunderte hat Du Sejour eine ähnliche Untersuchung über die maximale Dauer einer totalen Sonnenfinsternis ausgeführt.[1])

Er kam zu dem Ergebnisse, dass diese stattfinde unter dem Äquator um Mittag am 2. Juli, wenn die Sonne in der Erdferne ist. Seine Rechnung ist weniger genau als die obige, stimmt aber im wesentlichen bezüglich der maximalen Dauer der Totalität mit dieser überein.

Eine neue Deutung des kontinuierlichen Spektrums der Sonnenkorona. Die Sonnenkorona zeigt ausser einigen hellen Linien ein intensives kontinuierliches Spektrum, in welchem dunkle Fraunhofer'sche Linien bisher nicht mit Sicherheit wahrgenommen worden sind, diese also jedenfalls nur sehr schwach sein können. Daraus folgt, dass das kontinuierliche Spektrum der Korona nur zum geringsten Teile von reflektiertem Sonnenlichte herrühren kann und wesentlich durch das Glühen fester oder flüssiger Körperchen verursacht sein muss. Über die Ursache dieses Glühens hat nunmehr Prof. J. Scheiner vom Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam eine Erklärung aufgestellt, welche von den bisher angenommenen abweicht, aber wahrscheinlich die ausschliesslich richtige ist. In No. 3647 der Astron. Nachr. sagt Prof. Scheiner:

»Ziemlich allgemein scheint man bisher angenommen zu haben, dass dieses Glühen in ähnlicher Weise wie dasjenige der Sternschnuppen und Meteore durch Reibung in der äussern Sonnenatmosphäre, als welche die die Korona zusammensetzenden Gase zu betrachten sind, zustandekomme. Bei der zweifellos ausserordentlich geringen Dichtigkeit der äussern Sonnenatmosphäre scheint mir aber diese Erklärung nicht haltbar zu sein; denn wie sollten kleine Körper durch Reibung in einem Gase zum Glühen gelangen können, dessen Dichtigkeit nicht ausreichend ist, die Bahnen hindurchgehender Kometen in merklicher Weise durch seinen Widerstand zu beeinflussen? Auch würden durch die Geschwindigkeitshemmung die Körperchen, wenn sie überhaupt nicht schon völlig aufgelöst würden, sehr bald in die Sonne hineinstürzen; es müssten also fortwährend neue Körperchen in die Nähe der Sonne gelangen, und um dies plausibel zu machen, hat man die Zahl der auf die Sonne stossenden Meteore nach den entsprechenden Zahlen für die Erde berechnet. Ich habe schon an anderer Stelle (Strahlung und Temperatur der Sonne, p. 66) auf die Unrichtigkeit dieses Verfahrens hingewiesen, da es die Voraussetzung involviert, dass der Weltraum ebenso dicht mit meteorischer Materie erfüllt sei, wie unser Sonnensystem, was aber zweifellos nicht zutrifft. Von den kleinen, im Weltall zerstreuten Körperchen, welche in den Anziehungsbereich der Sonne geraten sind, ist natürlich nur ein verschwindend kleiner Teil wirk-

[1]) Mémoires de l'Acad. Royale des Sciences. Paris 1777. p. 318.

lich auf die Sonne gestürzt; ein weit überwiegender Teil ist in geschlossene Bahnen gezwängt worden, und infolgedessen hat sich um die Sonne im Laufe der ausserordentlich grossen Zeiträume, die hierbei in Frage kommen, eine Hülle von meteorischen Partikeln gebildet, die ganz unübersehbar viel dichter sein muss, als der Weltraum. Für unsere Erde ist allerdings diese Dichte massgebend, für die Sonne dagegen nur diejenige des Weltraumes. Hierbei ist noch ganz ausser Acht gelassen, dass vielleicht ein grosser Teil der Meteore nicht aus dem Weltraume stammt, sondern ursprünglich dem Sonnensysteme angehört.

Der Gedanke, die Ursache des Glühens der meteorischen Partikel in der Nähe der Sonne in der direkten Bestrahlung durch die Sonne zu suchen, liegt nun so nahe, dass es auffallend erscheint, dass derselbe bis jetzt in der einschlägigen Litteratur noch nicht ausgesprochen ist — ich habe wenigstens nichts darüber finden können; vielleicht kommt dies daher, dass die Aufgabe, die Temperatur eines der Sonne nahen Körpers numerisch festzulegen, in Strenge nicht zu lösen ist, selbst dann nicht, wenn man über seine chemische Zusammensetzung orientiert wäre. Immerhin aber kann man unter Verwendung vereinfachender Voraussetzungen eine Temperaturbestimmung ausführen, die wenigstens der Ordnung nach richtig sein muss, und damit die Frage entscheidet, ob in Entfernungen von der Sonne, bis zu welchen die Korona reicht, feste oder flüssige Körper allein durch die Sonnenstrahlen bis zur Glühhitze gelangen können.

Diese Voraussetzungen sind die folgenden:

1. Der Körper sei sehr klein, so dass er in sehr kurzer Zeit seinen stationären Standpunkt erreicht, und seine innere Temperatur nicht merklich von der Oberflächentemperatur abweicht. Diese Voraussetzung wird bei meteorischen Partikeln nahe erfüllt sein.

2. Das Emissions- und Absorptionsvermögen sei unabhängig von der Temperatur. Diese Bedingung ist um so mehr erfüllt, je mehr der Körper einem absolut schwarzen entspricht, und nur für einen solchen, in der Natur nicht vorkommenden Körper kann die Temperatur exakt ermittelt werden. Nach Analogie der Temperaturbestimmung bei der Sonne selbst kann diese Temperatur ebenfalls als die effektive bezeichnet werden.«

Für einen solchen hypothetischen, absolut schwarzen Körper giebt Prof. Scheiner unter Zugrundelegung des Stefan'schen Strahlungsgesetzes eine Berechnung der effektiven Temperatur und findet, dass dieselbe bei kleiner und kugelförmiger Gestalt desselben 4160° betragen wird. Will man von dieser auf die wahre Temperatur schliessen, so treten die erwähnten Schwierigkeiten ein. Die Temperatur von 4000° ist aber jedenfalls als die oberste Grenze zu bezeichnen. »Die untere Grenze entzieht sich vorläufig jeder exakten Berechnung; man würde vielleicht in die Nähe derselben kommen, wenn es gestattet wäre, Strahlungsdaten, die bei unserer Erde

gegeben sind, zu benutzen. Das Stefan'sche Gesetz lässt sich aber leider nicht auf physikalisch so kompliziert gestaltete Körper wie die mit Atmosphären umgebenen Planeten anwenden. Vielleicht geben aber doch die folgenden Zahlen eine gewisse Anschauung.

Die absolute Temperatur der kleinen, absolut schwarzen Kugel würde in der Entfernung der Erde von der Sonne bei 338° stationär werden; die mittlere stationäre Temperatur der Erdoberfläche ist aber 288°, und hierbei ist zu bedenken, dass nach den Untersuchungen von Zenker die stationäre Temperatur der Erdoberfläche ohne Sonnenstrahlung bei 200° liegt, wobei also Gleichgewicht zwischen Ausstrahlung und Wärmeleitung aus dem Erdinnern stattfindet, so dass der Effekt der Sonnenstrahlung nur 88° beträgt.«

Unter gewissen Voraussetzungen kommt Prof. Scheiner hiernach zu dem Ergebnisse, dass an der Grenze der Korona die Temperatur noch immer über der Glühhitze liegt, und demgemäss scheint ihm keine Veranlassung vorhanden zu sein, in einer andern als der oben angegebenen einfachsten Erklärung den Grund für das kontinuierliche Spektrum der Korona zu suchen.

Die totale Sonnenfinsternis am 28. Mai 1900. Zur Beobachtung dieser Finsternis sind zahlreiche Expeditionen ausgegangen, und fast alle waren vom Wetter begünstigt. Die Zone der zentralen Verfinsterung strich über die Vereinigten Staaten, über Portugal, Spanien, Algerien und Tripolis bis zum Nil. Die Maximaldauer der Totalität war der Rechnung nach in Portugal 95ˢ in Algier 70ˢ.

Am bedeutendsten sind dieses Mal die von den Amerikanern erhaltenen Resultate.

Vom Naval-Observatorium zu Washington waren auf der Zentrallinie der Finsternis zwei Stationen errichtet worden, die eine in Nord-Carolina, die andere in Georgien. Die spektroskopischen Apparate der letztern Station waren indessen abgezweigt und nach dem Orte Criffin, unmittelbar bei der Zentrallinie der Finsternis, gesandt worden, um eine möglichst lange Dauer der totalen Bedeckung der Sonne zu gewinnen. An beiden Zentralstationen waren 5-zollige photoheliographische Linsen von 40 Fuss Brennweite aufgestellt, um Photographien der Korona zu erhalten, ausserdem kleinere Instrumente, und mehrere der letztern waren mit Farbenschirmen versehen zu dem Zwecke, Photographien der Korona von dem Lichte der grünen Region des Spektrums zu erhalten. Die erhaltenen Photographien der Korona bestehen in Aufnahmen von 2, 5, 10, 35, 45 Sekunden Expositionszeit. Während die 2-Sekundenexpositionen zu lang sind, um das äussere Ende der innern Korona und die Protuberanzen befriedigend zu zeigen, sind sie in Verbindung mit den 5- und 10-Sekundenexponierungen von Wert zur Wiedergabe der Details der innern und mittlern Partien der Korona in grossem Massstabe. Auf den zwei lange (45 Sekunden) exponierten Platten zu Pinchurst kündigen sich die ersten Strahlen des wiederkehrenden

Sonnenlichtes an, aber beide geben feine Details der äussern Partien der Korona bis auf eine Entfernung von einem Monddurchmesser vom Sonnenrande. Auf der Station Barnesville wurde mit einer 6-zolligen Dallmeyerlinse von 102 Zoll Brennweite bei langer Exponierung die Sonnenkorona bis über die Stellung des Merkur hinaus erhalten, also bedeutend weiter wie, soweit bekannt, bei dieser Finsternis irgendwo anders.

Das Astrophysikalische Observatorium der Smithsonian-Institution hatte eine Expedition unter Leitung von Prof. Langley nach Wadesboro N. C. in 34° 57′ 52″ nördl. Breite und 80° 4′ 27″ westl. Länge von Greenwich entsandt. Zur Photographie der Details der innern Korona konnte diese Expedition über den neuen 12-zolligen Achromaten von 135 Fuss Brennweite verfügen, welcher der Harvard-Universität gehört, und den Prof. Edw. Pickering geliehen hatte. Ausserdem war noch eine 5-zollige Linse von 38 Fuss Brennweite vorhanden, welche Prof. Young von dem Princeton-Observatorium zur Verfügung gestellt hatte. Es wurden sechs Aufnahmen erhalten mit Exponierzeit von $^1/_2$—16 Sekunden Dauer. Von grosser Wichtigkeit sind die mit dem Bolometer angestellten Beobachtungen über die Strahlung der innern Korona. Dieselben wurden von C. E. Mendenhall und C. G. Abott ausgeführt. Sie ergaben folgende Resultate:

1. Die Strahlung der Korona wurde durch das Bolometer erkannt und gab wenigstens 5 *mm* Ausschlag über die der dunklen Mondscheibe.

2. Die von der Erdatmosphäre reflektierte Strahlung während der partialen Phase der Finsternis ist bedeutend intensiver als die der Korona.

3. Die Korona ist thatsächlich kälter als das Bolometer und scheint daher weder viel Sonnenlicht zu reflektieren, noch auch etwa infolge hoher Temperatur hauptsächlich Licht auszustrahlen, vielmehr scheint sie in einer Weise Licht auszusenden, welche nicht mit einer hohen Temperatur zusammenhängt, oder wenigstens nicht mit dem Vorherrschen infraroter Strahlen, wie dies gewöhnlich in den Spektren heisser Sterne der Fall ist.

Diese letztere Schlussfolgerung enthält eine Ablehnung der Eruptiv- oder Meteortheorie der Sonnenkorona, und die Beobachtungen, auf denen dieselbe beruht, bedürfen sicherlich der Verifizierung bei künftigen totalen Sonnenfinsternissen. Von den äussern Teilen der Korona wurden vier photographische Aufnahmen erhalten mit 82 Sekunden Expositionsdauer. Dieselben zeigen eine Ausdehnung der Korona bis auf ungefähr drei Sonnendurchmesser. Unter den hierbei benutzten Instrumenten befanden sich ein paar 3-zollige Linsen von 11 Fuss Brennweite, sowie eine 6-zollige von $7^1/_2$ Fuss und eine $4^1/_2$-zollige von $3^1/_2$ Fuss Brennweite. Die beiden 3-zolligen Linsen haben auf den photographischen Bildern die meisten Sterne abgebildet, solche 7. Grösse und selbst noch schwächere. Die Princeton-Expedition beobachtete ebenfalls zu Wades-

boro N. C. Es wurden vortreffliche Photographien der Korona erhalten, worunter eine von 20 Sekunden Exposition die Ausdehnung der Korona bis $2^1/_2$ Sonnendurchmesser zeigt, ungefähr $^2/_3$ so weit, als das Auge sie unmittelbar erkennen konnte. Das Spektrum des letzten Sonnenblickes vor der Totalität wurde von Prof. Miller mit einem spaltlosen Spektroskop, aus zwei 60^0 Prismen bestehend, beobachtet. Er sah keineswegs eine grosse Zahl heller Linien, wohl aber war der Übergang des gewöhnlichen Sonnenspektrums mit dunklen in ein solches mit hellen Linien scharf markiert, und diesen Moment betrachtete der Beobachter als Beginn der Totalität. Zur Zeit der Mitte der Totalität wurden (in dem spaltlosen Spektroskop) elf helle, farbige Ringe wahrgenommen, doch alle nur teilweise 40 bis 50^0 höchstens umfassend. Sie entsprechen wahrscheinlich sämtlich chromosphärischen Strahlen, mit Ausnahme des grünen Ringes.

Beobachtungen des Spektrums der Korona schlugen fehl, weder Prof. Young, noch Russell vermochten die Koronalinie zu sehen, ebensowenig erhielt sie Prof. Reed auf der photographischen Platte. Die Linie war also zweifellos sehr viel schwächer als 1869, 1870 und 1878, wo sie Prof. Young ohne alle Schwierigkeit sah. Prof. Young beobachtete mit einem Diffraktionsspektroskop und benutzte das sehr helle Spektrum zweiter Ordnung. Mit diesem Instrumente sieht er zu Princeton bei bewölktem Himmel ohne Schwierigkeit die dunkle Linie 1474 im Spektrum der Atmosphäre, während der Totalität aber konnte er davon nichts sehen, sondern höchstens nur ein schwaches kontinuierliches Spektrum bei weitest geöffnetem Spalte.

Die fliegenden Schattenbänder wurden von mehrern Beobachtern gesehen. Sie zeigten sich zuerst etwa $1^1/_2$ Minute vor der Totalität, wie in einer Ebene liegend, die den Rand des noch nicht verfinsterten Teiles der Sonnenscheibe tangierte, jedes etwa 2 Zoll breit, aber wallend und unregelmässig, durch Zwischenräume von 5—7 Zoll voneinander getrennt. Die Geschwindigkeit ihrer Bewegung schien 5 oder 6 engl. Meilen in der Stunde zu betragen und war von SW nach NO gerichtet. Als die Totalität nahe war, verminderte sich der Zwischenraum zwischen den Schattenbändern bis auf etwa 1 Zoll, und ihre Geschwindigkeit schien enorm zuzunehmen, bis zu derjenigen eines Expresszuges. Nach der Totalität waren die Bänder unregelmässiger, enger aneinander und nicht mit deutlicher Vorwärtsbewegung, sondern mehr undulierend, sie blieben etwa $1^1/_2$ Minute sichtbar und erloschen allmählich. Es ist bemerkenswert, dass die (scheinbare oder wirkliche) Bewegung, welche der Beobachter vor der Totalität hier sah, genau die entgegengesetzte in der Richtung war von derjenigen, welche die wenig ($^1/_4$ engl. Meile) entfernte Expedition der Smithsonian-Institution feststellte.

Die Expedition der Yerkes-Sternwarte beobachtete ebenfalls in der Nähe von Wadesboro. Die Korona wurde von ihr mit acht verschiedenen Linsen photographiert. Das Hauptinstrument hatte 6 Zoll Objektivöffnung und $61^1/_2$ Fuss Brennweite, es war horizontal

montiert und mit einem Cölostat in Verbindung gesetzt, der das Bild der Sonne in das Objektiv sandte. Die Photographien erreichen eine Grösse von 13 Zoll auf den Grad. Die nämliche Montierung trug auch einen 13-zolligen ebenen Spiegel zu spektroskopischen Beobachtungen, welche Prof. Frost ausführte. Es wurden mit dem grossen Instrumente sieben Platten aufgenommen von $^1/_2$ bis zu 30 Sekunden Expositionsdauer. Die Entwickelung dieser Platten auf der Yerkes-Sternwarte durch Prof. Barnard zeigte später die grosse Überlegenheit der Objektive mit langer Brennweite zur Photographierung der Details der Korona. Die grösste Ausdehnung, welche die Korona auf diesen Photographien zeigt, ist etwa 40′ vom Zentrum des Mondes, resp. der total verfinsterten Sonne. Die gesamte innere Korona wird von ihnen sehr schön mit zahlreichen Details dargestellt, aber um auch die äussern Teile derselben aufzunehmen, hätte die Exponierung der Platte auf eine Minute ausgedehnt werden müssen. Auf drei Platten von (8, 14, 30 Sekunden Expositionsdauer) zeigen sich vier Sterne 4.3—6.5 Grösse. Diese Sterne konnten mit bereits bekannten Fixsternen identifiziert werden, so dass ein intramerkurialer Planet, der 6.5 Grösse hell ist, innerhalb der von den Platten dargestellten Region des Himmels, zur Zeit der Aufnahme nicht existierte. Ein Zusammenhang zwischen den Protuberanzen und den Details der Korona, wie solcher durch die Photographien der Indischen Sonnenfinsternis 1898 wahrscheinlich geworden war, ist nicht zu erkennen. Mit kleinern Objektiven wurden verschiedene Photographien der Korona erhalten, auf keiner derselben erstreckt sie sich weiter als bis zu $^3/_4$ der Distanz des Merkur. Aus diesen hat P. R. Calver ein Gesamtbild zeichnerisch zusammengesetzt. Prof. Barnard bemerkt, dass ein Blick auf die Photographie der Korona genüge, um zu zeigen, dass diese fast ein Duplikat der Korona vom 1. Januar 1889 darstelle. Augenscheinlich ist diese Form charakteristisch für das Aussehen der Korona zur Zeit der Sonnenfleckenminima.

Ungefähr 45 Sekunden vor der Totalität waren im Felde des Spektroskops alle dunklen Sonnenlinien scharf. Die helle Heliumlinie D_3, Protuberanzen anzeigend, erschien etwa 10 Sekunden vor der Totalität, und andere helle Linien tauchten auf in dem Masse, als die Totalität herannahte. Im ganzen wurden etwa 15—20 helle Linien gesehen, d. h. weniger Linienumkehrungen, als man erwartet hatte. Die Platte, welche zur Photographie des Spektrums der Korona exponiert wurde, zeigt Eindrücke von sieben Ringen, denen folgende Wellenlängen korrespondieren: λ 4078 (chromosphärische Linie), $H\delta$, λ 4216 (chromosphärische Linie) λ 4230 (ebenfalls chromosphärische Linie), λ 4311 (vielleicht chromosphärische Linie), $H\gamma$ und λ 4358 (vielleicht chromosphärische Linie).

Die Expedition der Harvard-Universität war ebenfalls vom Wetter begünstigt und hat gute Ergebnisse gezeitigt, doch sind dieselben im einzelnen noch nicht veröffentlicht.

Die Expedition des Georgetown-College hatte Aufstellung in Norfolk Va. genommen. J. G. Hagen berichtet über die dort erhaltenen Resultate kurz, dass das Licht der Korona hell genug war, um die ganze Scheibe des Mondes eine halbe Minute nach Beendigung der Totalität zu zeigen. Ferner, dass die aktinische Strahlung zweier grossen Protuberanzen sehr viel stärker war als die des Planeten Merkur, obgleich letzterer dem Auge heller erschien. Die Luft blieb heller als zur Nachtzeit bei Vollmond.[1]

Zu Elche in Spanien hat J. Comas Sola spektralphotographische Aufnahmen der Chromosphäre erhalten. Auf einer derselben, welche im Beginne der Totalität aufgenommen wurde, sind nicht weniger als 120 helle Linien sichtbar, die stärksten sind die Linien H und K, dann h und F. Auch die Linie D_3 ist sehr intensiv. Im Ultraviolett erscheinen deutlich die Wasserstofflinien, eine Anzahl Titan- und Eisenlinien und die doppelte Linie b des Magnesiums. Die Koronalinie 1474 K ist sehr schwach, aber unzweifelhaft sichtbar. Eine zweite spektroskopische Photographie wurde 23 Sekunden nach Beginn der Totalität erhalten. Die Expositionsdauer war doppelt so lange als bei der ersten Aufnahme (diese dauerte 2 Sekunden). Ungeachtet dessen sind nun alle Linien verschwunden, ausser H und K, die sehr deutlich erscheinen und die Kontur der Chromosphäre mit den Protuberanzen darstellen; daneben sind auch noch einige Wasserstofflinien sichtbar, aber in diesen erkennt man nur die Protuberanzen als kleine helle Punkte. Wenn die Linien H und K allein dem Calcium angehören, so würde dieses in der Chromosphäre die höchste und aktinisch wirksamste Dampfschicht bilden und seine normale Mächtigkeit 16000 *km* überschreiten. Auch zwei Photographien der Korona hat Comas Sola aufgenommen, die eine Menge Detail zeigen. Die grösste Ausdehnung der Koronastrahlen übertrifft dreimal den Sonnenhalbmesser. Deslandres der zu Argamasilla (in Spanien) beobachtete, hat hauptsächlich die untern Teile der Korona und der Chromosphäre, die sogenannte umkehrende Schicht der Sonnenatmosphäre, ins Auge gefasst. Seine Versuche, spektroskopisch die Rotation der Korona festzustellen, sind nicht von Erfolg gewesen, besonders weil die Koronalinien auf der photographischen Platte so gut wie völlig fehlen. Das ultraviolette Spektrum der sogenannten umkehrenden Schicht wurde zwischen den Wellenlängen λ 4000 und 3000 erhalten, ferner das ultraviolette Spektrum des ganzen obern Teiles der Chromosphäre, endlich ein vollständiges Spektrum der Korona, welches zwei neue Strahlungen derselben zeigt. Diese sämtlichen Aufnahmen wurden wegen Schwäche der ultravioletten Strahlung mit langen Exponierungen erhalten; anderseits wurde mittels eines Chronophotographen eine Reihe von Momentaufnahmen gemacht. Direkte photographische Aufnahmen der Korona haben

[1]) Astrophysical Journal 12. No. 1.

gute Bilder geliefert, die eine merkliche Vergrösserung vertragen. Die äquatorialen Strahlen der Korona erstrecken sich auf diesen Photographien bis zu zwei Sonnendurchmessern.

Polariskopische Beobachtungen hat P. Joubin ebenfalls zu Elche mittels eines Fernrohres mit terrestrischem Okular angestellt, in dessen, dem Objektiv und Okular gemeinsamen Brennpunkt, entweder ein Soleil'scher Doppelquarz oder ein Bravais'sches Polariskop gestellt werden konnte. Bei der kurzen Dauer der Totalität sollte nur die Art der Polarisation der tiefern Teile der Korona ermittelt werden, deren Licht allgemein für teilweise in radialer Richtung polarisiert gilt; es schien nicht unmöglich, dass es elliptisch polarisiert sei. Zuerst wurde einige Sekunden lang mit dem Biquarz in der Nähe des Äquators beobachtet und die ältern Wahrnehmungen bestätigt. Sodann wurde schnell das Bravais'sche Polariskop eingesetzt und die gleiche grüne Färbung der beiden Bildhälften, also Fehlen der elliptischen Polarisation am Äquator, konstatiert. Das Gleiche wurde beobachtet an allen Stellen des Randes vom Äquator bis etwa 15 oder 20° vom Nordpole der Sonne; von hier an wurden die beiden Bildhälften verschieden, vom Grün neigte die eine Hälfte zum Gelb, die andere zum Blau, eine Spur elliptischer Polarisation andeutend. Dasselbe zeigte sich einige Grade weiter. Leider hatte diese Beobachtung zuviel Zeit in Anspruch genommen, so dass eine nochmalige Prüfung derselben Randpunkte oder gegenüberliegender unmöglich war. — Zwischen dem ersten und zweiten Kontakte wurde mit einem Fransenpolariskop festgestellt, dass in dem Masse, als die Sonnenscheibe kleiner wurde, der Punkt stärkster Polarisation des südlichen Horizontes sich von Südost nach Süd stärker verschob, als durch die Verschiebung der Sonne erklärt werden konnte. Einige Minuten vor dem zweiten Kontakte sah Joubin sehr scharf in der Luft den Südrand der von Nordwest über das Gebirge kommenden Schattensäule.[1])

Ebenfalls zu Elche beobachtete de la Baume-Pluvinel, der bereits mehrere frühere Sonnenfinsternisse (in Salut, Senegal, Candia) beobachtet hat, und erhielt neun photographische Bilder der Korona, die verschiedenen Expositionszeiten entsprechen und eine gute Vorstellung von der Gestalt der Korona gestatten. Letztere gehörte dem gut charakterisierten Typus der Korona des Minimums der Sonnenthätigkeit an. Die Photographien sind fast identisch mit den 1889 auf der Insel Salut erhaltenen; dieselbe gekrümmte Form der Äquatorialstreifen und dieselben Büschel an den Polen. Merkur ist auf allen Clichés sichtbar. Die am kürzesten exponierten Platten haben die besten Bilder gegeben. Ein Prismenspektroskop war längs des Sonnenäquators eingestellt und gab bis 12′ vom Sonnenrande ein kontinuierliches Spektrum der Korona; Fraunhofer'sche Linien können in ihm nicht erkannt werden, hingegen werden 35

[1]) Compt. rend. 1900. 130. p. 1597.

helle Linien gezählt, die nur an der einen Seite des Äquators sichtbar sind, auf der andern muss die Sonnenthätigkeit schwächer gewesen sein; am stärksten sind die Linien H, K und die Wasserstofflinien. Ein am Ende der Finsternis aufgenommenes Bild, kurz nach dem Erscheinen der Sonne, ist dadurch interessant, dass es die Chromosphärenbogen in unmittelbarer Berührung mit dem Sonnenrande zeigt. Die Koronalinie sollte mit einem grossen Spektroskop näher untersucht werden, aber sie gab kein Bild.

In Algier beobachtete Trépied mit mehrern zugereisten Astronomen. Die Dauer der totalen Verfinsterung war 3 Sekunden kürzer, als die Rechnung ergeben hatte. Vor der ersten Berührung des Mondrandes mit dem Sonnenrande konnte man von der Mondscheibe nichts erkennen. Von der Korona wurden sechs Photographien erhalten. Eine derselben, 10 Sekunden vor der Totalität aufgenommen, giebt sehr gelungene Bilder der Chromosphäre, der Protuberanzen und der Korona. Die Okularbeobachtung der Korona liess sehr scharf die Polarstrahlen erkennen, welche lebhaft an die Korona von 1889 und 1898 erinnern; sie schien sich im westlichen Teile bis zur Hälfte des Merkurabstandes zu erstrecken. Etwa 10 Sekunden vor Beginn der Totalität wurde eine Photographie der hellen Chromosphärenlinien in der Gegend von G bis h erhalten; die Zahl der hellen Linien ist bedeutend. Die blanke Thermometerkugel gab während der Finsternis eine Gesamtabnahme der Temperatur von 14.1^{0}, das Minimum stellte sich 6 Minuten nach der Mitte der Finsternis ein; die geschwärzte Kugel zeigte Unregelmässigkeiten, die erst untersucht werden sollen; im Schatten sank das Thermometer nur um 1.5^{0} während der ganzen Dauer der Finsternis, ohne ein ausgesprochenes Minimum zu zeigen.

Vom Pariser Längenbureau und der Pariser Sternwarte war eine Expedition nach Spanien entsandt worden unter Führung von G. Bigourdan.[1]) Sie nahm Aufstellung in dem Orte Hellin ($0^h\ 16^m\ 6^s$ westlich von Paris, $38^0\ 30'\ 27''$ nördl. Breite). Während der Totalität, die daselbst nach den Beobachtungen 73.8^s betrug, war die Dunkelheit nicht sehr gross, so dass man den Sekundenzeiger der Uhr ablesen konnte. Mehrere Personen sahen mit blossen Augen Merkur, Venus und drei Sterne. Es wurden drei Photographien der Korona erhalten, die auch den Planeten Merkur zeigen, aber keine sonstigen Sterne.

Das Zodiakallicht.

Das Zodiakallicht ist Gegenstand einer sorgfältigen Untersuchung von Prof. W. Wolf an der neuen, hochgelegenen Sternwarte auf dem Königstuhl bei Heidelberg gewesen.[2]) Während

---

[1]) Bulletin Astronomique 17. Octobre 1900. p. 369.

[2]) Sitzungsber. der mathem.-physikal. Klasse der kgl. bayer. Akad. der Wissenschaft 1900. 30. p. 197.

Wolf auf seinem frühern Observatorium in der Stadt Heidelberg das Zodiakallicht eigentlich niemals mit Sicherheit sehen konnte, erscheint es von der Höhe des neuen Observatoriums auf dem Königstuhl fast stets recht hell und konnte oft in so grosser Intensität gesehen werden, dass es heller als die Milchstrasse erschien. Seit dem Bestehen des neuen Observatoriums hat Prof. Wolf deshalb häufig Aufzeichnungen des Zodiakallichtes sowohl abends als morgens vorgenommen.

Diese Aufzeichnungen litten indessen sehr unter der Unschärfe und Langsamkeit der Intensitätszunahme des Lichtes von den Rändern gegen innen, so dass es, wie jeder, der das Zodiakallicht beobachtet hat, aus Erfahrung weiss, sehr schwer ist, die Lage der Axe des Lichtkegels auch nur ganz roh zu bestimmen. Dazu kommt noch, bemerkt Prof. Wolf, dass man sich leicht durch die Sterne der Umgebung irreleiten lässt. Abgesehen von ihrem störenden Eindrucke auf das Auge ist man immer versucht, so sehr man sich auch dagegen bemüht, bei dem Anschlusse der Konturen des Lichtes an die Sterne diejenigen zu bevorzugen, die man in der betreffenden Gegend besser kennt.

Prof. Wolf hatte deshalb den Wunsch, das Zodiakallicht zu photographieren und aus dem Bilde die Axenlage zu bestimmen. Verschiedene Versuche lehrten ihn, dass dieser Weg nicht viel mehr geben wird, als der optische. »Die dazu nötigen lichtstarken Objektive zeichnen nämlich stets bei dem grossen hierfür in Betracht kommenden Felde die Mittelpartien der Platte viel heller als die Randpartien, so dass man überhaupt nicht sicher weiss, ob man das Zodiakallicht photographiert hat, und wenn, so wird das Bild dadurch so entstellt, dass es schwer zu entscheiden ist, ob die grösste Intensität der Wirkung der Linse oder jener des Zodiakallichtes zuzuschreiben ist.«

Prof. Wolf hat deshalb diesen Weg nicht weiter verfolgt, sondern auf andere Weise der Erscheinung näher zu treten versucht.

Im Beginne des Jahres 1899 liess er von C. Zeiss ein Objektiv aus Quarz bauen, bei dem nur der allerzentralste Teil des Bildes in der optischen Axe brauchbar, in welchem also jede Strahlenvereinigung ausserhalb der Axe vernachlässigt wurde. Dagegen wurde möglichst grosse Lichtstärke (Flächenhelligkeit) erstrebt. In der That gelang es, einen Quarzkondensor aus drei Linsen zusammenzusetzen, der das eminente Öffnungsverhältnis: Durchmesser zur Brennweite = 3 : 2 besitzt. Die Öffnung ist etwa 37 *mm*, die Distanz des Bildes von der vordersten Fläche ist etwa 36 *mm*.

In der optischen Axe des dreilinsigen Quarzsystems, unmittelbar vor der Bildebene ist ein solid mit dem Objektiv verbundenes Diaphragma mit enger Öffnung befestigt. Fast in Berührung mit und unmittelbar hinter dem Diaphragma liegt die photographische Platte. Dieselbe ist so gelagert, dass sie ihrer Länge nach in ihrer Ebene hinter dem Diaphragma vorbeigeschoben werden kann. Durch

diese Verschiebung der Platte kann dann eine Reihe von Bildchen nebeneinander auf der Platte erzeugt werden und, wenn man durch Objektiv und Diaphragma Licht auf die Platte fallen lässt, so ist jedes so entstehende Bildchen genau in derselben Axe aufgenommen.

Auf diese Weise konnte Prof. Wolf erreichen, dass immer ein genau bestimmbarer Punkt des Himmels auf der Platte abgebildet und dabei doch jede Abblendung, also jeder Lichtverlust der Linse vermieden wird.

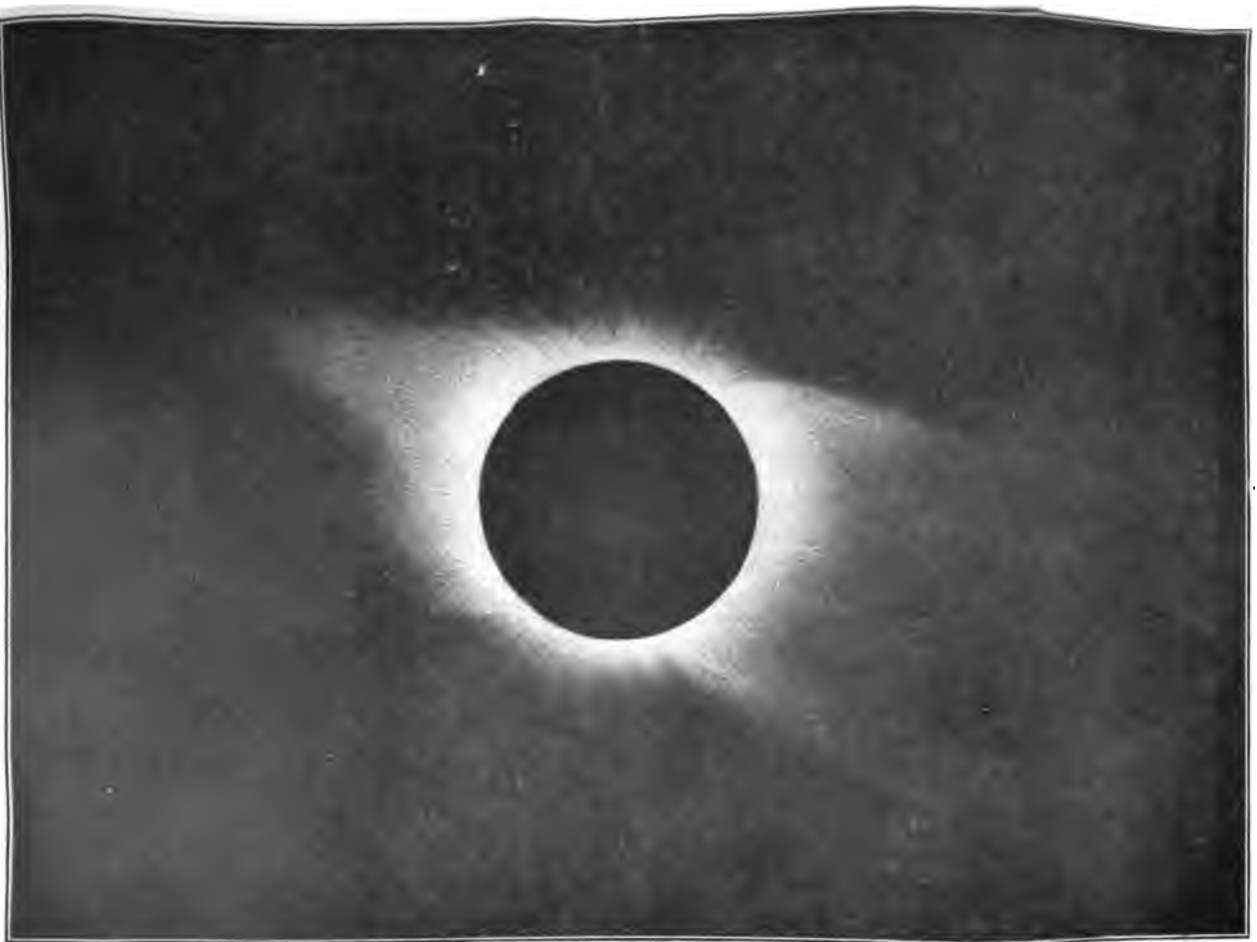
»Dieses System wurde auf der Horizontalaxe eines Theodoliten so montiert, dass das Objektiv — der Quarz-Zeiss — fest verbunden mit der Horizontalaxe und mit seiner optischen Axe parallel mit der optischen Axe des Fernrohres des Theodoliten steht. Dadurch wurde erreicht, dass der Quarz-Zeiss auf einen beliebigen Punkt des Himmels gerichtet werden und dann durch sein Diaphragma von eben diesem beliebigen Punkte ein Bildchen auf der Platte erzeugt werden kann.

Die Platte sitzt in der hinter dem Objektiv befindlichen Kassette und wird mit dieser durch eine lange Schraube hinter dem Objektiv und seinem Diaphragma vorübergeschoben.

Nach diesen Vorausschickungen über die Anordnung des Apparates ist leicht ersichtlich, was erstrebt wurde. »Es wird das Bild einer kleinen Stelle des Zodiakallichtes auf der Platte mit dem Quarz-Zeiss aufgenommen. Dann wird die Platte mit der langen Schraube ein Stück weiter geschoben, der Apparat nach einer andern Stelle des Zodiakallichtes gerichtet und abermals eine Aufnahme gemacht. An den Kreisen des Theodoliten wird die jeweilige Einstellung abgelesen und dadurch bekannt, welcher Punkt am Himmel photographiert ist. Fährt man so fort, so erhält man eine Serie von Ausschnitten aus dem Zodiakallichte — von bekannter Lage — schön nebeneinander auf der Platte abgebildet. Sind die Aufnahmezeiten genau gleichlang, so sind die Intensitäten der Bilder vergleichbar, und man kann z. B. das intensivste Bild heraussuchen. Also jener Punkt des Zodiakallichtes, der am hellsten, oder diejenigen, welche unter sich gleich hell geleuchtet haben, lassen sich so bestimmen.

»Um die Belichtungsdauer für alle Bilder gleich zu machen, wurde vor dem Objektiv ein guter Momentverschluss (System Linhof) befestigt. Es wurde auf den Pendelschlag einer Uhr der Verschluss geöffnet und ebenso auf einen andern Sekundenschlag wieder geschlossen. Bei der ausgezeichneten Beschaffenheit des Verschlusses kommen Unterschiede von einer Zehntelsekunde kaum vor, eine Genauigkeit, die für die Methode völlig genügt.«

Der Theodolit wurde bei den Versuchen anfangs stets horizontal aufgestellt, so dass also Höhe und Azimut abgelesen wurde. Das bedingte jedesmal eine Umrechnung in Rektaszension und Deklination, weshalb Prof. Wolf später den Theodoliten parallaktisch aufstellte.



Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

Jahrbuch XI, 1900.
Tafel I.

Die Sonnen-Korona am 28. Mai 1900.
Gezeichnet nach Photographien von P. R. Calvert

Auf die beschriebene Art lässt sich an einem Abende bequem eine Anzahl verschiedener Schnitte durch das Zodiakallicht ziehen. Durch die Verbindung der hellsten Stellen in den verschiedenen Querschnitten kann man dann die Axe grösster Helligkeit in dem kegelförmigen Lichtscheine festlegen.

Anderseits kann man die Punkte gleicher Intensität aufsuchen und durch mehrere Schnitte die Linien gleicher Helligkeit im Zodiakallichte bestimmen.

»Das abnorm schlechte Wetter dieses Winters«, fährt Prof. Wolf fort, »verhinderte mich leider, viel mit dem Apparate, den ich das »Schnittphotometer« nennen möchte, zu arbeiten; nur wenige Versuche konnten gemacht werden, und von diesen will ich im Folgenden berichten.

Wie vorausberechnet, war das Schnittphotometer völlig lichtstark genug. So erhielt ich Anfang Februar 1900 schon mit 6 Sekunden Belichtung einen deutlichen Eindruck vom Zodiakallichte.

Um aber so kräftige Eindrücke zu erzielen, dass ihre Intensitäten leicht verglichen werden konnten, musste länger exponiert werden.

Bei den im Folgenden besprochenen Aufnahmen wurde stets 40 Sekunden belichtet. Als das Zodiakallicht im März schwächer wurde, genügten aber 60 Sekunden kaum mehr, um brauchbare Schwärzungen zu geben.

Was die Sicherheit des Auffindens der grössten Schwärzung einer Serie betrifft, so ist dieselbe so gross, dass nie ein Zweifel vorkam. Ich bat Herrn Schwassmann, unabhängig von mir die dunkelsten Bildchen herauszusuchen, und er fand bei den unten besprochenen Querschnitten genau die gleichen heraus, wie ich selbst. Sterne, die in den Bildfleck hineinkamen, störten nicht; denn ihre Spuren waren zu kurz und fein. Wir waren beide sehr überrascht über die nicht erwartete Sicherheit in der Bestimmung des hellsten Bildpunktes.«

Prof. Wolf hat nun sechs geeignete Querschnitte genauer untersucht und gefunden, dass die hellste Stelle des Lichtes keineswegs, wie erwartet, auf der Ekliptik, sondern nördlich davon lag. Der Abstand der Linie grösster Intensität von der Ekliptik beträgt etwa 6° in der betrachteten Gegend (im Sternbilde der Fische).

»Dass diese Erscheinung«, sagt Prof. Wolf, »nicht durch die Absorption der Erdatmosphäre bedingt sein kann, folgt aus der steilen Lage des Zodiakallichtes und der Betrachtung der fast parallel zum Horizonte durchgelegten Schnitte.

So viel ist also sicher, die Hauptmasse der Zodiakallichtmaterie hat in diesem Februar (1900) von uns aus gesehen nicht in der Ekliptik, sondern darüber gelegen, und zwar in einem beträchtlichen Abstande davon.«

»Nehmen wir einmal an«, fährt Prof. Wolf fort, »dass sich die Hauptmasse der Zodiakalmaterie um die Ebene des Sonnenäquators lagert. Da der Sonnenäquator seinen aufsteigenden Knoten

in ca. 74° Länge liegen hat, so stehen wir zur Zeit des 6. Dezember in der Ebene des Sonnenäquators, während zur Zeit des 6. März die nördliche Hälfte des Sonnenäquators uns zugekehrt ist.

Wir müssen also zur Zeit des 6. Dezember das Zodiakallicht längs eines grössten Kreises sehen, der um die Neigung des Sonnenäquators, also um ca. 7° gegen die Ekliptik aufsteigend erscheint. Die Teile des Zodiakallichtes, die wir wegen des Horizontes sehen können, sind dann relativ weit von uns entfernt, also schwach. Wir müssen daher das Zodiakallicht um diese Zeit relativ kurz sehen, und die Linie grösster Intensität des Zodiakallichtes muss unter einem Winkel von ca. 7° gegen die Ekliptik aufsteigend[1]) geneigt sein.

Ganz anders zur Zeit des 6. März. Wir sehen dann von Süden auf die Fläche der Zodiakallichtlinse, und die gleichbeleuchteten Teilchen stehen für uns dann viel günstiger. Es wird zwar wieder nach Sonnenuntergang durch den Horizont viel verdeckt, aber es sind uns viel näherliegende, also hellere Teilchen sichtbar, als am 6. Dezember. Die Linie grösster Intensität muss dann mehr parallel mit der Ekliptik verlaufen, und der uns am besten sichtbare Teil muss wegen der Lage des Horizontes zur Zeit der Beobachtung in absteigendem Sinne gegen die Ekliptik geneigt sein.

So müssen sich die Erscheinungen wohl darbieten, wenn die Zodiakalscheibe um den Sonnenäquator gelagert ist.

Betrachten wir nun die erlangten Resultate. Die Maximalintensität in einem Schnitte ist sehr sicher zu finden. Kleine Fehler können nur daher kommen, dass die Intervalle zu gross genommen werden, und solche stecken auch noch sicher in diesen ersten Versuchen . . .

Alle gefundenen Intensitätsmaxima liegen nun in der That nördlich von der Ekliptik. Jedenfalls fällt also die Zodiakallinse nicht in die Ekliptik. Die Lage der Linie grösster Intensität ist durch drei Schnitte vom 21. Februar recht sicher bestimmt, und es zeigt sich auf den ersten Blick, dass sie, wie von der Theorie verlangt, in absteigendem Sinne gegen die Ekliptik geneigt ist. Dasselbe gilt von den zwei Schnitten vom 27. Februar. Der 1. März giebt keinen Anhalt und ist überhaupt unsicher«.

Es dürfte also gezeigt sein, dass die Zodiakallinse jedenfalls nicht in der Ekliptik zu suchen ist. Es dürfte ferner bereits durch die wenigen Versuche sehr wahrscheinlich gemacht sein, dass der Zodiakalring sich um die Ebene des Sonnenäquators lagert.

»Es kommt jetzt darauf an, die Lagen der Linie der maximalen Intensität zu andern Jahreszeiten festzustellen. Es erscheint nach einigen Andeutungen nicht unmöglich, dass auch zeitweise mehrere Intensitätsmaxima vorhanden sind. Schliesslich wären aus der Lage und Ausdehnung der Schicht grösster Intensität und ihrem Verlaufe, sowie der Verteilung der Intensitäten auf dem Kegel Schlüsse über

---

[1]) Öffnung des Winkels nach Osten.

die geometrische Form der Erscheinung zu ziehen. Diesen und ähnlichen Untersuchungen steht mit Hilfe des beschriebenen Apparates der Weg offen.

Da das Schnittphotometer so leicht photographische Eindrücke des Zodiakallichtes verschaffte, so lag der Gedanke nahe, dasselbe auch auf den Gegenschein anzuwenden. Leider hatten wir in diesem Frühjahre keine besonders klaren Nächte zur Verfügung, und der Gegenschein war recht schwach. Immerhin konnte ich jüngst an zwei Abenden, am 27. und 28. April, mehrere Schnitte durch den Gegenschein ziehen.

Sie lassen auf den ersten Blick die Intensitätszunahme in der Gegend des Gegenscheines erkennen und zeigen unzweideutig, dass dieses mehr geahnte als gesehene Licht thatsächlich vorhanden ist. Der Himmel war aber zu schlecht und unrein, als dass ich aus den Schnittserien den Punkt maximaler Intensität oder den Mittelpunkt des Gegenscheines hätte festlegen können.

Es mag noch erwähnt werden, dass ein Punkt im hellen Flecke in der Milchstrasse im Scutum Sobiesii bei 75 Sekunden Belichtung photographisch nicht ganz so hell kam, als der Gegenschein bei 150 Sekunden Belichtung.

Diese Untersuchungen sollen bei passender Gelegenheit weiter geführt werden. Vorerst genügt es, gezeigt zu haben, dass der beschriebene Apparat auch dem Gegenscheine näherzutreten gestattet.«

Planeten.

Planetoidenentdeckungen 1899. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann[1]) sind zu der Reihe der kleinen Planeten, einschliesslich derjenigen, welche zwar im Jahre 1898 entdeckt sind, von denen aber erst inzwischen eine genauere Bahn berechnet wurde, die folgenden als neu hinzugetreten:

(437)	DP	entdeckt	1898	Juli	16	von	Charlois, Nizza	
(438)	DU	»	»	Nov.	8	»	» »	
(439)	Ohio	»	»	Okt.	13	»	Coddington, Mt. Hamilton	
(441)	ED	»	»	Dez.	8	»	Charlois, Nizza	
(442)	EE	»	1899	Febr.	15	»	Wolf und Schwassmann	Heidelberg
(443)	EF	»	»	Febr.	17	»		
(444)	EL	»	»	März	31	»	Coggia, Marseille	
	EX	»	»	Okt.	2	»	Coddington, Mount Hamilton	
	ER	»	»	Okt.	27	»	Wolf und Schwassmann	Heidelberg
	ES	»	»	Okt.	27	»		
	ET	»	»	Okt.	27	»		
	EU	»	»	Okt.	31	»		
	EV	»	»	Okt.	10	»		
	EY	»	»	Dez.	4	»	Charlois, Nizza.	

»Die in dieser Aufzählung nicht vertretene Nummer (440) hat nachträglich der bereits bekannte Planet (EC) erhalten.

[1]) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft 35. p. 65.

Die Hauptelemente, welche für die Bahnen der neuen Planeten berechnet wurden, lauten:

	Ω	i	φ	a	Berechner
(437)	263° 41.2′	7° 23.6′	14° 13.1′	2.38	Berberich
(438)	49 39.4	6 25.7	9 22.7	2.16	Coniel
(439)	202 26.9	19 13.5	4 19.3	3.14	Coddington
(441)	254 10.6	8 2.6	5 4.2	2.81	Coniel
(442)	134 41.1	6 3.5	4 8.8	2.35	Thraen
(443)	176 3.7	3 57.3	6 22.7	2.27	Thraen
(444)	196 10.3	10 35.7	10 31.7	2.76	Lubrano u. Maitre
(EX)	293 10.8	21 25.0	11 50.5	3.19	Coddington
(ER)	42 35.6	10 36.5	6 41.4	2.79	Möller
(ES)	72 18.6	4 49.6	2 36.6	2.99	Kreutz
(ET)	38 43.4	12 41.8	9 54.0	3.14	Berberich
(EU)	85 38.5	3 6.8	9 59.5	2.55	Möller
(EV)	15 29.7	10 23.1	5 21.9	3.02	Paetsch
(EY)	89 46.7	15 22.3	5 13.3	3.10	Knopf

Es zeichnen sich hiernach aus:

1. durch zeitweise grosse Annäherung an die Erde

(437) mit $\Delta = 0.80$ zur Oppositionszeit August 15
(438) » $\Delta = 0.83$ » » Januar 29;

2. durch zeitweise grosse Annäherung an Jupiter

(EX) mit $\Delta_0 = 1.86$
(ET) » $\Delta_0 = 1.96$,

wo Δ_0 die kleinste Entfernung vom Jupiter, welche der Planet in seinem Aphel erreichen kann, bedeutet;

3. durch grosse Deklinationen, welche sie in ihrer Opposition erreichen können, die Planeten

(EX) mit $\delta = +46.8°$ (Mitte November)
-43.9 (Mitte Mai)
(ET) » $\delta = +38.7$ (Anfang Januar)
-40.8 (Anfang Juli).

Ähnlichkeiten der Bahnelemente zeigen sich bei folgenden Planeten:

	Ω	i	φ	a
(438)	$\Omega =$ 49.7°	$i =$ 6.4°	$\varphi =$ 9.4°	$a =$ 2.86
(384)	48.2	5.6	8.4	2.65
(118)	47.6	7.8	9.4	2.44
(442)	$\Omega =$ 134.7	$i =$ 6.1	$\varphi =$ 4.1	$a =$ 2.35
(159)	135.1	6.1	5.6	3.12
(103)	136.3	5.4	4.5	2.70
(ER)	$\Omega =$ 42.6	$i =$ 10.6	$\varphi =$ 6.7	$a =$ 3.19
(152)	41.3	12.2	4.2	3.14
(EV)	$\Omega =$ 15.5	$i =$ 10.4	$\varphi =$ 5.4	$a =$ 3.02
(255)	14.2	9.5	4.7	2.75
(EY)	$\Omega =$ 89.8	$i =$ 15.4	$\varphi =$ 5.2	$a =$ 3.10
(199)	89.7	15.4	10.3	3.17

Von den im letzten Berichte angeführten neuen Planeten, sowie von den drei ältern (421), (422) und (423), deren zweite Erscheinung noch bevorstand, ist bisher nur der Planet (421) wiedergefunden; von den Planeten (434) und (440) wird die zweite Erscheinung noch erwartet, während (433) Eros, wie sich nachträglich ergeben hat, bereits in den beiden Erscheinungen von 1893 und 1896 photo-

graphisch beobachtet wurde. Von ältern Planeten, die erst in einer Erscheinung beobachtet waren, wurden (307), (340), (404), (407), (412), (415), (423) und (424) wiedergefunden, so dass die Zahl der bisher nur in einer Erscheinung beobachteten Planeten, mit Einschluss der neu entdeckten, sich auf 78 beläuft.

Über die Verteilung und die Grössen der Planetoiden verbreitete sich A. Berberich.[1]) Er hebt hervor, dass sich zu Studien über diese Verteilung vor allem die mittlern Entfernungen und die diesen entsprechenden Umlaufszeiten eignen, weil sie nahezu unveränderlich sind.

»Betrachtet man,« sagt er, »die Umlaufszeiten der 450 bekannten Planetoiden näher, so findet man kein gleichförmiges Wachsen vom innersten bis zum äussersten, oder von der kleinsten bis zur grössten Periode. Man bemerkt vielmehr kleinere oder grössere Lücken in dieser Reihe, während an andern Stellen die Planeten sich zusammendrängen und Bahnen von nahezu gleichen Umlaufszeiten durchlaufen. Namentlich fehlen jene Werte der Umlaufszeiten, welche zu der Umlaufszeit des Jupiter in einem durch kleine Zahlen ausdrückbaren Verhältnisse ($^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_3$) stehen. Wo die Planeten sich dichter folgen, können kleine Lücken sich scheinbar bilden, durch eine einzige Neuentdeckung aber ausgefüllt werden. Besonders zahlreich sind die Planetoiden mit Umlaufszeiten von 4.0 — 4.75 Jahren. Unter 397 Planeten haben 150 jene Umlaufszeiten, 95 haben kleinere bis 3.2 und 147 grössere bis zu 8.8 Jahren. Dass die Zahl der äussersten Planetoiden einstweilen nur gering ist, mag daran liegen, dass wir in jenen Fernen nur Körper von beträchtlichem Umfange zu sehen vermögen. Die Anzahl der in einer gewissen Zone vorkommenden Umlaufszeiten ist also teilweise von den Grössen der Planetoiden abhängig.

Man kann im allgemeinen nur die scheinbaren Grössen dieser Gestirne wahrnehmen. Bloss von wenigen Planetoiden sind die Durchmesser direkt gemessen worden. Die Durchmesserwerte lassen sich aus den scheinbaren Grössen leicht berechnen; man muss nur eine Hypothese über den Grad der Reflexionsfähigkeit der Oberflächen dieser Gestirne machen. Wenn auch damit ein unsicheres Element in die Rechnung eingeführt wird, so hat dies hier keinen Nachteil, da es sich eben nur um relative Grössen handelt. Allerdings wäre es möglich, dass die innern Planetoiden das Sonnenlicht in anderem Verhältnisse reflektieren als die äussern, wie auch z. B. die innern Saturnmonde eine grössere Albedo zu besitzen scheinen als die äussern. Indessen sollen im folgenden nur die Beziehungen zwischen den Grössen und Umlaufszeiten engerer Gruppen der Planetoiden untersucht werden, in denen man wohl eine durchschnittlich übereinstimmende physikalische Beschaffenheit anzunehmen berechtigt sein dürfte.

Wären die Planetoiden durchschnittlich überall gleich gross und gleich zahlreich, dann müssten besonders viele von kurzen Umlaufszeiten entdeckt worden sein, weil diese uns bei gleichem Durchmesser bedeutend heller erscheinen würden als die weiter und sehr weit entfernten Glieder der ganzen Gruppe. In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse anders. Die Tabelle in den »Wunder des Himmels« zeigt, dass die durchschnittlichen Durchmesser allmählich mit den Umlaufszeiten wachsen. Im einzelnen bemerkt man natürlich viele Unregelmässigkeiten. Überall findet man kleine und grössere Planeten durch- und nebeneinander vermischt. Da drängt sich von selbst die Frage auf, wie sich wohl die durch die Lücken in den Umlaufszeiten getrennten Teilgruppen verhalten mögen. Die Aufstellung

---

[1]) Naturwissenschaftl. Rundschau 1900. No. 36. p. 453.

solcher Teilgruppen lässt einige Willkür zu. Hier sind deren 22 gebildet, indem immer dort eine Trennung gemacht wurde, wo im Verhältnisse zur Aufeinanderfolge der Umlaufszeiten benachbarter Planeten ein grösserer Sprung sich zeigt. Folgende Tabelle giebt für jede Einzelgruppe die Umlaufszeiten, den durchschnittlichen Durchmesser d, die Anzahl der dazu gehörenden Planetoiden n, ferner den mittlern Durchmesser d_1 nach Abzug der in der Teilgruppe vorkommenden unverhältnismässig grossen Glieder und die Zahl r der noch übrig bleibenden Planeten.

Gruppe	Umlaufszeit	d	n	d_1	r
a	3.207—3.270 Jahre	52 *km*	10	15 *km*	8
b	3.305—3.356 »	31 »	5	31 »	5
c	3.387—3.414 »	78 »	4	47 »	3
d	3.451—3.478 »	81 »	8	63 »	7
e	3.528—3.577 »	56 »	8	43 »	7
f	3.596—3.640 »	109 »	13	67 »	9
g	3.655—3.687 »	117 »	12	90 »	10
h	3.703—3.775 »	104 »	15	75 »	12
i	3.790—3.844 »	98 »	14	89 »	12
k	3.857—3.863 »	74 »	2	74 »	2
l	3.883—3.895 »	77 »	4	55 »	3
m	4.017—4.021 »	85 »	2	52 »	1
n	4.048 »	39 »	1	39 »	1
o	4 071—4.083 »	107 »	5	45 »	3
p	4.106—4.200 »	106 »	17	83 »	14
q	4 219—4.237 »	94 »	8	81 »	6
r	4.257—4.440 »	106 »	43	89 »	38
s	4.460—4.717 »	112 »	79	93 »	74
t	4.807—4.997 »	103 »	31	74 »	25
u	5.069—5.384 »	98 »	31	93 »	29
v	5.432—5.773 »	115 »	68	103 »	62
w	6.200—6.520 »	132 »	10	112 »	8

Die Umlaufszeiten, welche zu der des Jupiter in einfachem Zahlenverhältnisse p stehen, sind:

Umlaufszeit	p	Umlaufszeit	p
3.39 Jahre	2 : 7	4.74 Jahre	2 : 5
3.56 »	3 : 10	5.08 »	3 : 7
3.95 »	1 : 3	5.93 »	1 : 2
4.45 »	3 : 8		

Diese Umlaufszeiten und ihnen benachbarte Werte kommen in obiger Tabelle nur selten oder gar nicht vor; ganz auffällig erscheinen die Lücken bei 3.95 (3.90 — 4.01), 4.74 (4.72 — 4.80) und namentlich bei 5.93 (5.77 bis 6.20) Jahren Umlaufszeit.

Von den unverhältnismässig grossen Planetoiden in den einzelnen Teilgruppen (Gr.) giebt folgende Zusammenstellung auf S. 23 die Durchmesser (*km*) und die Umlaufszeiten (Jahre).

Bei der Mehrzahl der Einzelgruppen, nämlich den hier durch einen * hervorgehobenen, besitzt der Planet mit dem grössten Durchmesser auch die grösste Umlaufszeit oder doch eine nur wenig davon verschiedene. Direkte Ausnahmen von dieser Regel bilden die Gruppen r und s, letztere die planetenreichste und die beiden grössten Glieder Ceres und Pallas einschliessend. Bei den Gruppen p und v könnten in Zukunft vielleicht noch grössere Planeten bei ihren äussern Grenzen entdeckt werden. Auch der drittgrösste Planetoid Vesta steht etwas von der äussern Grenze seiner Gruppe f ab, wo sich jedoch noch zwei andere ziemlich grosse Körper finden, so dass auch diese Gruppe sich noch einigermassen der genannten Regel fügt. Diese gilt also anscheinend für die uns nähern Regionen der Planetoidenzone und könnte durch Neuentdeckungen sich auch noch für

die fernern als richtig erweisen, ausgenommen für die reichsten Gruppen r, s und etwa auch v.

Gr.	*km*	Jahre	Gr.	*km*	Jahre	Gr.	*km*	Jahre
*a	179	3.266	*o	156	4.071	*t	187	4.807
	108	3.270		247	4.083		196	4.850
*c	171	3.414	p	171	4.131		179	4.935
*d	171	3.478		187	4.136		247	4.968
e	149	3.566		196	4.168		259	4.989
f	149	3.596	*q	136	4.235		271	4.997
	386	3.629		130	4.237	*u	179	5.145
	136	3.638	r	156	4.263		187	5.384
	142	3.639		341	4.298	v	236	5.444
*g	284	3,686		326	4.366		205	5.486
	225	3.687		196	4.404		225	5.494
*h	187	3.725		171	4.440		341	5.557
	205	3.736	s	215	4.550		205	5.286
	284	3.775		804	4.605		215	5.594
*i	156	3.816		259	4.607	*w	215	6.363
	205	3.844		486	4.618		205	6.520
l	142	3.886		205	4.676			
m	118	4.017						

Die merkwürdige Stellung der grössten Planetoiden in den Teilgruppen erscheint noch auffälliger, wenn man die Volumina vergleicht. Greifen wir als Beispiel die Gruppe f heraus, in welcher das grösste Glied Vesta nicht genau an der äussern Grenze steht, wenn auch nicht allzu weit entfernt. Die Rauminhalte der einzelnen Glieder, bezogen auf den Durchschnitt der kleinern (mit 67 *km* Durchmesser) und die entsprechenden Umlaufszeiten sind:

V	U	V	U	V	U
11.0	3.596	1.2	3.622	1.0	3.632
0.1	3.602	0.1	3.622	0.5	3.632
2.7	3.610	191.0	3.629	8.3	3.638
1.2	3.612	1.2	3.632	9.5	3.639
5.6	3.620				

In der folgenden Gruppe g mit durchschnittlich recht grossen Planetoiden haben die zwei grössten und zugleich äussersten das 31- und 15fache Volum im Vergleiche mit dem Durchschnittsplaneten von 90 *km* Durchmesser. Die zwei grössten Glieder an der Grenze der ersten Gruppe übertreffen die übrigen an Raumgehalt sogar um das 1700- und 370fache, sind also gegen diese wahre Riesenkörper.

Die hier gefundene Regel in der Anordnung der Planetoiden nach ihrer Grösse in der Mehrzahl der Einzelgruppen dürfte in der Art der Entstehung dieser Klasse von Himmelskörpern begründet sein. Auf Vermutungen, welches diese Gründe sein mögen, soll hier nicht näher eingegangen werden, zumal da die offenbaren Ausnahmen von der Regel eine einheitliche Ursache auszuschliessen scheinen.

Jedenfalls ist es notwendig, bei Untersuchungen über die Verteilung der Planetoiden auch deren Grössen zu berücksichtigen. Man könnte sonst zu irrigen Folgerungen über die Verteilung der Masse innerhalb der Asteroidenzone gelangen. Im allgemeinen sind grosse Körper dort zahlreicher, wo die Planeten überhaupt dichter gedrängt sind; die grössten Glieder gehören den planetenreichsten Teilgruppen an.

Die Durchmesser der Planetoiden Ceres und Vesta sind von E. E. Barnard am 40-Zoller der Yerkes-Sternwarte gemessen worden.[1]) Er findet im Mittel aus fünf Messungsreihen zwischen

---

[1]) Monthly Notices Royal Astron. Soc 60. 4. January 1900. p. 261.

1897 November 22 und 1898 Januar 2, für Ceres in der Entfernung 2.7673 einen mittlern scheinbaren Durchmesser von 0.352", für Vesta aus drei Beobachtungsabenden im September und Oktober 1899 einen scheinbaren Durchmesser von 0.175". Werden diese Messungen mit den frühern gelegentlich der Opposition von 1894 und 1895 kombiniert, so ergeben sich (für die Distanz 2.7673) folgende scheinbare Durchmesser: Ceres 0.383", Vesta 0 192".

Der Durchmesser des Planeten Venus. Im Jahre 1889 hat Prof. B. Peter am Leipziger Heliometer eine Messungsreihe des Venusdurchmessers begonnen, bei welcher die Ermittelung und Berücksichtigung der Irradiation möglichst scharf erfolgen sollte. Sein Bericht über diese Messungen findet sich in No. 3631 der Astron. Nachr. Die Messungen konnten wegen äusserer Umstände nicht so lange, als wünschenswert war, fortgesetzt werden, doch hat Prof. Peter in seiner Untersuchung auch einige Messungen in den Jahren 1887, 1892 und 1897 berücksichtigen können. Als Endresultat findet er für den scheinbaren Durchmesser der Venus in der Entfernung 1 : 17.36" ± 0.043".

Mit diesem Ergebnisse vergleicht Prof. Peter die Resultate, welche Kaiser und Hartwig erhielten, sowie die Ergebnisse einer Messungsreihe von Ambronn 1892.[1]) Letztere ist nach Prof. Peter die einwandfreieste Beobachtungsreihe von allen; sie ergiebt als scheinbaren Durchmesser der Venus in der Entfernung 1 : 17.71" ± 0.047", also bei weitem den grössten von allen. Es fragt sich, wie diese Abweichungen der verschiedenen Messungsreihen voneinander zu erklären sind. Bei der Ausgleichungsrechnung ist neben der Verbesserung des Durchmessers noch eine weitere unbekannte Grösse F bestimmt worden, die für alle Messungen eines und desselben Beobachters als konstant angenommen wurde. Prof. Peter zeigt nun, dass es nicht angeht, diese Grösse über den ganzen Zeitraum der Beobachtungen als unveränderlich anzunehmen, mindestens dann nicht, wenn die Beobachtungen in zeitlich getrennte Abschnitte zerfallen. Allein selbst dann bleiben noch zwischen den extremen Werten der Messungsreihen Differenzen von 0.25" übrig. »Dieser Unterschied«, sagt Prof. Peter, »der gerade die beiden neuesten und mit den modernsten Hilfsmitteln erlangten Resultate betrifft, beträgt ca. das Fünffache des mittlern Fehlers, mit welchem jedes der Einzelresultate bestimmt ist. Für seine Erklärung bieten sich zwei Möglichkeiten: die Annahme von reellen Schwankungen im Venusdurchmesser oder das Vorhandensein von systematischen Messungsfehlern in den Beobachtungen. Wenn die erste Ursache auch nicht mit absoluter Sicherheit zurückgewiesen werden kann, da Venus eine Atmosphäre besitzt, und diese allerdings kleine Schwankungen im scheinbaren Durchmesser verursachen könnte, so hat sie doch wenig Wahrscheinlich-

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3204.

keit für sich in anbetracht des Umstandes, dass nicht einmal bei der Sonne bisher Variationen des Durchmessers mit Sicherheit nachgewiesen werden konnten. Es muss daher angenommen werden, dass in den nach der Ausgleichung übrig bleibenden Fehlern noch systematische Reste vorhanden sind. Dass diese von der Phase abhängig sind, ist wohl unzweifelhaft, ebenso aber auch, dass diese Abhängigkeit bei den einzelnen Beobachtern eine sehr verschiedene sein kann. Zur Untersuchung dieser Frage habe ich die einzelnen Reihen ausgeglichen, indem ich sie in mehrere Gruppen zerlegte und für jede Gruppe ein besonderes F angenommen habe. Dieses Vorgehen kann jedoch kein greifbares Resultat liefern, da die Reihen hierzu alle ein viel zu dürftiges Material bieten, und die unvermeidliche Willkür bei der Abgrenzung dem Einflusse zufälliger Fehler innerhalb der einzelnen wenig umfangreichen Gruppen einen sehr weiten Spielraum gestattet. Die Mitteilung der einzelnen Resultate der verschiedenen Ausgleichungen unterdrücke ich und bemerke nur, dass bei einem solchen Verfahren der Wert für den Durchmesser fast durchweg abnimmt.«

Das Ergebnis der Untersuchungen von Prof. Peter führt also auch nicht zu einem definitiven Resultate für die Grösse des Venusdurchmessers. Er bemerkt zum Schlusse: »Der einzige Weg, um zu zuverlässigen Resultaten zu gelangen, ist die Anstellung neuer, möglichst zahlreiche Messungen enthaltender Beobachtungsreihen, und zwar in Verbindung mit laufenden Beobachtungen am Modelle. Für das Leipziger Heliometer ist die Ausführung einer solchen Beobachtungsreihe ins Auge gefasst. Die Beobachtungen am Modelle müssen einen doppelten Zweck verfolgen; sie sollen Aufschluss geben über die Konstanz des persönlichen Messungsfehlers bei gleicher Phase und über die Abhängigkeit desselben von der Phase. Hierbei wird sich vielleicht auch ergeben, ob es für manchen Beobachter nicht zweckentsprechender ist, bei der Ausgleichung die Beobachtungen bei schmalster Sichel ganz fortzulassen und sich nur auf Beobachtung bis zu einer gewissen Breite der Sichel herab zu beschränken. Der mittlere Fehler des Endresultates wird dadurch zwar erhöht werden, dafür ist aber auch die Sicherung vor systematischen Messungsfehlern eine wesentlich erheblichere.

Nach dem Vorstehenden dürfte man berechtigt sein, das Zehntel der Bogensekunde in dem bisher allgemein angenommenen Werte des Venusdurchmessers 17.66″ als unsicher und diesen Wert als wahrscheinlich zu gross zu bezeichnen.«

Spektrographische Untersuchungen über die Rotationsgeschwindigkeit der Venus hat A. Belopolsky angestellt.[1]) Schon vor ihm wurden Versuche nach dieser Richtung von Prof. Keeler auf der Lick-Sternwarte gemacht, doch ohne Erfolg. Die

---

[1]) Astron. Nachr. 152. p. 263.

Aufnahmen Belopolsky's am Refraktor zu Pulkowa geschahen anfangs mit einem, dann mit zwei Prismen. Im Mittel ergaben sich Werte von 0.6—0.9 *km* für eine Rotation in der Richtung von West nach Ost.

Über die Rotationsdauer der Venus macht gelegentlich der Veröffentlichung der Belopolsky'schen Versuche Prof. Adolf Müller in Rom einige Bemerkungen.[1]) Gestützt auf mehrjährige Beobachtungen am 10-Zoller der Sternwarte auf dem Janiculum und nach sorgfältiger Erwägung aller sonstigen Untersuchungen entscheidet er sich für eine kurze Rotationsdauer der Venus.

Schiaparelli's Beobachtungen des Mars während der Opposition von 1888. Professor Schiaparelli hat die sechste Abhandlung über seine Marsbeobachtungen veröffentlicht[2]) Ungleich andern Beobachtern, die jede einzelne Wahrnehmung sofort mit Reklame der Welt verkündigen, um möglichst von sich reden zu machen, hat sich Prof. Schiaparelli reichlich Zeit genommen, um seine Beobachtungen und Messungen eingehend zu prüfen und alle diejenigen Ergebnisse aus ihnen abzuleiten, zu welchen eine kritische Untersuchung derselben führt. Es ergiebt sich dabei wiederum mit voller Evidenz, dass die blosse Wahrnehmung von feinen Details, Kanälen und Doppelkanälen auf dem Mars, die einzelne Beobachter an kleinen Instrumenten vorgeblich gemacht haben wollen, gar keinen Wert hat, denn gerade sehr wichtige und grossartige Vorgänge auf der Marsoberfläche werden jetzt erst durch die Beobachtungen Schiaparelli's offenbar, während niemand sonst sie erkannt hat, weil eben der Mailänder Astronom bis dahin nichts darüber hatte verlauten lassen.

Die Beobachtungen Schiaparelli's geschahen 1888 an dem zwei Jahre vorher aufgestellten 18-zolligen Refraktor von 7 *m* Brennweite Die angewandten Vergrösserungen waren 216-, 350-, 513- und (selten) 674-fach. Die Beobachtungen umfassen den Zeitraum vom 2. April bis 29. Juli, während dessen der scheinbare Durchmesser des Mars von 15.5" — 8.3" abnahm. Die Opposition des Planeten fand statt am 11. April, und was die Jahreszeiten auf demselben anbelangt, so fand am 16. Februar für die nördliche Hemisphäre das Sommersolstitium, für die südliche das Wintersolstitium statt, am 15. August für die nördliche Hemisphäre die Herbstnachtgleiche, für die südliche die Frühlingsnachtgleiche. Die Neigung der Marsaxe ist + 22°, und daher wurden die nördlichen Polarregionen unter sehr günstigen Umständen sichtbar. Eine der wichtigsten Erscheinungen dieser Opposition war das Auftreten von Verdoppelungen der Kanäle, das 1886 fast völlig gefehlt hatte. Im ganzen sah

[1]) Astron. Nachr. No. 3046.

[2]) Osservazioni astronomiche e fisiche sulla Topographia e Costitutione del Planeta Marte, durante l'opposizione del 1888. Reale Actademia dei Lincei. Anno CCXVI Roma 1899.

Schiaparelli dieses Mal 28 Verdoppelungen, davon 2 vollkommen deutlich, 14 gut definiert, 9 schlecht und 3 nur unvollkommen. Dieses Wiedererscheinen der Verdoppelung von Kanälen fand gegen Mitte Mai statt, also ungefähr drei Monate nach dem Sommeranfange der nördlichen Marshemisphäre. Die Verdoppelung scheint vier oder fünf Monate hindurch angedauert zu haben. Prof. Schiaparelli hebt hervor, dass die Details auf der Marsscheibe anfangs nebelig und schlecht begrenzt erscheinen, aber stufenweise deutlicher werden, in dem Masse, als die Jahreszeit fortschreitet, die Linien und Flecken erscheinen bestimmter, und endlich tritt die Epoche der deutlichen Verdoppelung der Kanäle, der kleinen Flecken (Seen) und des sonstigen kleinsten Details ein.

Unter den Veränderungen, welche längst bekanntes Detail des Mars während der Opposition von 1888 zeigte, ist diejenige, die sich bei dem sogenannten Kanale Euphrat und dessen Fortsetzung gegen den Nordpol hin zeigte, die merkwürdigste und ganz unerklärbar. Dieser dunkle Strich zeigte sich 1886 als eine nahezu gerade Linie, die den Marsäquator in etwa 337° schnitt und 80° nördl. Br. in etwa 315° Länge traf, d. h. links von dem kleinen runden Polarflecken. Dieser dunkle Streifen (Euphrates) trifft unter 40° nördl. Br. auf einen rundlichen dunklen Fleck (Lacus Ismenius), in welchem mehrere andere Kanäle kreuzen, weiterhin in etwa 65° nördl. Br. auf einen zweiten Fleck (Lacus Arethusa), wo wiederum zwei Kanäle kreuzen, und endigt in 80° nördl. Br., indem er sich mit einem grössern dunklen Streifen vereinigt. So war der Anblick im Jahre 1886. Bei der Opposition von 1888 war zunächst der ganze Streifen vom Äquator bis zu 80° nördl. Br. verdoppelt, aber beide Streifen blieben nicht wie gewöhnlich überall einander parallel, sondern ihr Abstand nahm vom Pole gegen den Äquator des Mars hin zu. Auch Lacus Ismenius und Lacus Arethusa waren jetzt doppelt. Man sieht diese langen Doppelkanäle sehr schön auf Tafel VI des Sirius[1]) in den vier Abbildungen, welche dort die Zeichnungen Prof. Schiaparelli's für Mai 27, 30, Juni 2 und Juni 4 wiedergeben. Der grosse Doppelkanal ist in Fig. 1 mit b b b bezeichnet und hiernach auch auf den drei andern Zeichnungen leicht zu identifizieren. Man erkennt deutlich, dass er unten rechts von dem elliptischen Nordpolarflecke, in einer kleinen, dunklen Fläche endigt. Im Jahre 1886 endigte der Kanal dagegen links von dem nördlichen Polarflecke, so dass sein nördlicher Teil seitdem eine Drehung von mindestens 60° um den Pol als Mittelpunkt gemacht haben muss. Bei diesem Vorgange aber muss mindestens die nördliche Hälfte des ganzen Kanalsystems mit beteiligt gewesen sein, denn auch der Lacus Arethusa und Lacus Ismenius sind etwas gegen rechts gerückt im Vergleiche zu ihrer Lage 1886. Dass diese Lageveränderung der nördl. Hälfte dieses Kanalsystems wirklich stattgefunden hat, und zwar während

[1]) Jahrgang 1900.

der Zeit vom April 1886 bis Juni 1888, ist unzweifelhaft, wenngleich es unmöglich bleibt, ohne Zuhilfenahme sehr komplizierter und also sehr willkürlicher Hypothesen die Thatsache zu erklären. Die Schneekalotte um den Nordpol des Mars zeigte sich vom 7. bis 15. Mai und vom 4. bis 13. Juni durch eine dunkle Linie in zwei Teile getrennt, am 9. Mai und 4. Juni war sogar eine Trennung derselben in drei Teile erkennbar. Die Winkelausdehnung dieser Kalotte nahm vom 2. Mai bis 6. Juni zu, dann verminderte sie sich. Am 14. Juli war das grösste Stück dieser Eiskalotte völlig verschwunden, bildete sich aber unmittelbar darauf von neuem.

Beobachtungen des Jupiter hat 1899 W. F. Denning angestellt und darüber berichtet.[1]) Es wurden von ihm 668 Durchgänge verschiedener Flecke durch den Meridian, welcher die Jupiterscheibe halbiert, beobachtet, und zwar 27 weisse und dunkle Äquatorialflecke am Nordrande des grossen Äquatorialstreifens durchschnittlich je elfmal während 255 Jupiterrotationen beobachtet; 16 weisse und dunkle Flecke an der nördlichen Seite des nördlichen Äquatorialgürtels durchschnittlich je siebenmal während 153 Rotationen; ferner wurden Zeichnungen der Südhemisphäre in verschiedenen Breiten, solche auf der Nordhalbkugel, sowie der bereits sehr blasse, rote Fleck nebst der ihm entsprechenden Ausbuchtung des südlichen Äquatorialstreifens beobachtet. Die Rotationsperioden der verschiedenen Zeichnungen betrugen im Mittel:

27 Äquatorialflecken		9 h	50 m	24.6 s
16 tropische Flecken	12 — 15° N.	9	55	28.8
3 Flecke in . . .	25 — 30° S.	9	55	18.6
2 » » . . .	40 — 50° S.	9	55	9.2
1 » » . . .	25 — 30° N.	9	55	29.8
1 » » . . .	25 — 30° N.	9	55	53.5
Roter Fleck, Ausbuchtung . .		9	55	41.9

Die einzelnen Flecken ergeben nicht unerhebliche Verschiedenheiten; so war z. B. unter den Äquatorialflecken das Maximum der Rotationsperiode = $9^h\,50^m\,35^s$ und das Minimum = $9^h\,50^m\,18^s$; ebenso zeigten unter den nördlichen tropischen Flecken einige eine Periode von $9^h\,55^m\,32.5^s$, während andere die bedeutend schnellere Rotation von $9^h\,55^m\,16.4^s$ gaben.

Die Streifen und Flecke des Jupiter sind seit einer langen Reihe von Jahren ein Hauptobjekt der Beobachtungen, welche Prof. G. W. Hough, Direktor des Dearborn-Observatoriums (der Nord-Western Universität zu Evanston in den V. St.) am dortigen $18^1/_2$-zolligen Refraktor anstellt. Diese Beobachtungen sind um so wichtiger, als Jupiter seit Jahren auch von anderer Seite, mit wesentlich schwächern optischen Hilfsmitteln beobachtet wird, und manche dieser Beobachter sehr subtile Resultate aus ihren Wahrnehmungen

[1]) Monthly Notices Royal Astron. Soc. 1899. 59. p. 571.

abgeleitet haben. Unter solchen Umständen sind die Ergebnisse, zu denen ein so erfahrener Astronom wie Prof. Hough an einem der besten Instrumente der Welt gelangte, von grösster Bedeutung. Seine Beobachtungen geschahen meist an 400facher Vergrösserung, und er betont, dass selbst an seinem grossen Refraktor (dessen Bildschärfe durch die Doppelsternentdeckungen Burnham's genügend bekannt ist) das feinere Detail bei Vergrösserung von 190fach wohl nicht mehr gesehen werden kann. Zur Bestimmung der Rotationsdauer des Jupiter wurden die Flecke auf der Scheibe des Planeten mikrometrisch vermessen und bei der Rechnung völlig streng verfahren, indem der Einfluss der Aberration, der Phase u. s. w. berücksichtigt wurde. Es muss dies um so mehr hervorgehoben werden, als man bei andern Beobachtern regelmässig auf Berechnungen der Rotationsdauer des Jupiter bis auf Bruchteile der Sekunde trifft, deren ganze Unterlage ungenügend ist, weil die erwähnten Korrektionen nicht berücksichtigt wurden. Was zunächst den grossen roten Fleck auf Jupiter anbelangt, so blieb er während des grössern Teiles der Beobachtungszeit (1896—1899) schwach und unbestimmt. Dagegen konnte nahe der Opposition Jupiters der Umriss des Fleckes deutlich erkannt werden, und der Fleck schien von etwas grünlicher Färbung. Ohne die Einbuchtung im Äquatorialstreifen, welche den Ort des Fleckes anzeigt, würde letzterer für die meisten Teleskope längst unwahrnehmbar geworden sein. Die Rotationsperiode des roten Fleckes nimmt noch immer langsam zu. Prof. Hough giebt folgende Werte dafür:

1896	Rotationsdauer:	$9^h\ 55^m$ 41.42
1897	»	41.32
1898	»	41.62
1899	»	41.76

Der rote Fleck verändert auch seine Breite. Seine mittlere Position für den Zeitraum von 1879 — 1899 ist 18.9° jovizentrischer Breite, und zwar schwankt die Mitte des Fleckes um diese Position innerhalb eines Betrages von etwa 4000 engl. Meilen. Wegen der Schwäche des Objektes konnten in den letzten vier Jahren nur wenige Messungen seiner Länge ausgeführt werden; im Durchschnitte ergiebt sich für 1897 — 1898 aus Messungen an sechs Abenden die scheinbare Länge des Fleckes 11.46″, was nur unwesentlich von den frühern Bestimmungen abweicht, so dass also der Fleck während der letzten 20 Jahre seine Längenausdehnung nicht verändert hat.

Über seine Messungen von dunklen und weissen Flecken und der Lage und Ausdehnung des Äquatorialstreifens giebt Prof. Hough ausführliche Zahlenangaben. Hier können wir uns auf die Schlussfolgerungen beschränken, zu denen er auf Grund seiner sämtlichen bisherigen Untersuchungen über die physische Konstitution des Jupiter gelangt:[1])

---

[1]) Monthly Notices 1900. May. 60. No. 8.

1. Die Dichte des Jupiter an seiner Oberfläche ist wahrscheinlich unter der Hälfte der Dichte des Wassers. Die während der letzten 25 Jahre angestellten Experimente über Verflüssigung der Gase und der Luft gestatten uns die Vorstellung eines plastischen Mediums von der wahrscheinlichen Dichte dieses Planeten.

Unter dieser Annahme befinden sich die von uns auf dem Jupiter beobachteten Okjekte in verschiedenen Niveaus jenes Mediums, und damit wird leichter begreiflich, wie Flecke unter den gleichen Breitengraden auf dem Jupiter eine ungleiche Rotationsdauer zeigen können.

2. Der grosse rote Fleck, 27 000 engl. Meilen lang, 8000 breit und wahrscheinlich ebenso tief als breit, zeigt Eigenbewegungen in Länge und Breite. Er ist das stabilste Objekt, welches man auf der Jupiterscheibe wahrnehmen kann. Seine leichtere oder schwierigere Sichtbarkeit mag von seinem geringern oder tiefern Untertauchen unter die Oberfläche des Jupiter abhängen, und die Grösse seiner Eigenbewegung ebenfalls hiermit im Zusammenhang stehen.

3. Die Rotationsdauer der Oberfläche Jupiters, an welcher Flecke und Streifen beobachtet werden, beträgt $9^h\ 55^m - 56^m$. Die wahre Rotation des Planeten ist dagegen vielleicht langsamer, als die längste bisher abgeleitete Rotationsperiode desselben ergiebt, in welchem Falle alle Objekte in derselben Richtung treiben würden. Meine Beobachtungen während der letzten 20 Jahre beziehen sich auf Objekte zwischen $+ 37^0$ und $- 38^0$ Breite auf der Jupiteroberfläche; sehr wenig Rotationsbestimmungen sind überhaupt je aus Objekten ausserhalb dieser Grenzen abgeleitet worden.

4. Die Rotationsperiode unter jeder Breite Jupiters ist nicht konstant, sondern ändert sich mit der Zeit.

5. Es besteht anscheinend keine direkte Beziehung zwischen der Breite auf dem Jupiter und der Rotationsdauer, obschon dies bisweilen behauptet worden ist.

6. Die Rotationsperioden, die aus Flecken u. s. w. unter gleicher Breite und in der nämlichen Opposition abgeleitet werden, können um 30^s und mehr voneinander abweichen. Daher beruhen die von einigen Beobachtern gezogenen Schlüsse über verschiedene permanente Strömungen an der Oberfläche Jupiters auf ungenügenden Daten.

In der äquatorialen Region Jupiters zwischen $+ 11^0$ und $- 8^0$ Breite wird eine Rotationsdauer von etwa $9^h\ 50^m$ gefunden, und diese kurze Periode mag sogar bis 20^0 jovigraphische Breite sich erstrecken.

8. Perioden von $9^h\ 55^m$ und $9^h\ 50^m$ werden in der gleichen Breite und wahrscheinlich gleichzeitig angetroffen.

9. Es scheint, dass die auf Jupiter beobachteten komplizierten Bewegungen am besten erklärt werden durch die Annahme mehrerer Schichten in verschiedenen Tiefen unter der Oberfläche, in denen die beobachteten Flecke etwa sich befinden.

Die Durchmesser der Planeten Uranus und Neptun. Im Herbste 1899 und während der ersten Hälfte des Jahres 1900 hat T. J. J. See eine Reihe von günstigen Nächten benutzt, um am 26-zolligen Refraktor zu Washington neue, möglichst genaue Messungen der scheinbaren Durchmesser des Neptun und Uranus zu gewinnen.[1]) Bei den Beobachtungen des Neptun vom 6. Oktober 1899 ab war die Luft überaus ruhig, so dass die schwierigsten Doppelsterne gemessen werden konnten, und in verschiedenen Nächten zeigte sich die Scheibe dieses Planeten in ungewöhnlicher Schärfe. In der Nacht des 10. Oktober zeigte sich die Scheibe etwas gesprenkelt, was, wie sich später ergab, durch feine äquatoriale Streifen auf dem Planeten verursacht wird. Die Scheibe zeigte sich klein, scharf geschnitten und völlig ruhig. Der günstige Anblick wurde verursacht durch Dunst in der Atmosphäre, und dieses führte den Beobachter dazu, sich in der Folge gewisser Einschaltgläser zu bedienen, die parallelwandig und mit farbigen Flüssigkeiten gefüllt waren, wodurch nach seiner Erfahrung die Messungen sicherer wurden. Er fand für den scheinbaren Durchmesser des Neptun in mittlerer Entfernung desselben von der Sonne an vier Abenden zwischen 1899 Oktober 24 und 1900 Januar 15 im Durchschnitte 2.008″, so dass also, wenn man die Irradiation der Scheibe nicht gleich Null betrachten will, der scheinbare Durchmesser des Neptun vielleicht noch etwas unter 2″ anzusetzen wäre. Sichere Andeutungen einer Abplattung zeigten die Messungen nicht. Nimmt man die Sonnenparallaxe zu 8.796″ an und die mittlere Distanz des Neptun zu 30.0551 Erdbahnhalbmesser, so folgt aus den obigen Messungen als wahrer Durchmesser des Neptun 43 756 *km* (27 190 Miles). Beträgt die Masse des Planeten 1:19 400 der Sonnenmasse, so ist seine mittlere Dichte 0.417 der mittlern Erddichte oder 2.29 mal grösser als die des Wassers.

Der Planet Uranus wurde von Dr. See von 1900 März 31 bis Juli 16 unter günstigen Luftverhältnissen gemessen. Es fand sich aus 24 Messungen in 21 Nächten als grösster Durchmesser im Mittel 3.320″ und aus 18 Messungen in 15 Nächten, in der senkrecht zu dem vorigen Durchmesser stehenden Richtung der Wert 3.280″. Der Unterschied ist so gering, dass eine Abplattung mit Sicherheit nicht erweisbar wird, und der Mittelwert aus beiden Messungsreihen, nämlich 3.30″ als scheinbarer Durchmesser der Uranusscheibe angesetzt werden kann. Die Scheibe des Uranus wird gegen den Rand hin dunkler, und es ist daher, besonders in kleinern Instrumenten, schwierig, bei den Messungen genau auf den Rand einzustellen. Die Thatsache, dass 1883 Young und Schiaparelli eine ziemlich starke Abplattung des Uranus fanden, während See 1900 die Scheibe völlig kreisrund fand, ist auffallend. Indessen ist zu bemerken, dass gegenwärtig die Bahnen der Uranusmonde fast senkrecht zur Ge-

[1]) Astron. Nachr. No. 3665.

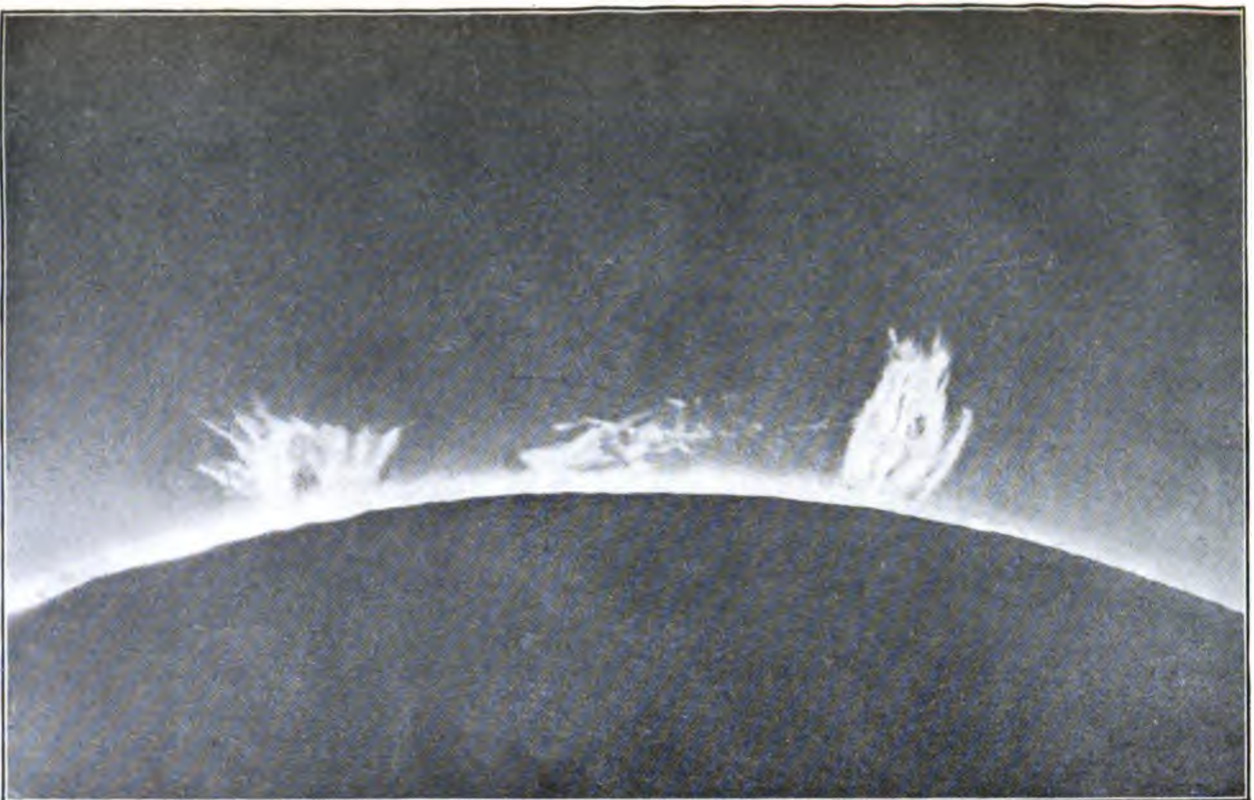
sichtslinie gegen die Erde hin stehen, und da nach allen bisherigen Erfahrungen die Bahnen der Trabanten nur wenig von der Äquatorebene ihres Hauptplaneten abweichen, so kann man schliessen, dass der Rand der Scheibe des Uranus vom Äquator dieses Planeten gebildet wird, und die Axe des letztern der Erde zugewendet ist. Unter diesen Umständen kann man natürlich eine Abplattung des Uranus nicht wahrnehmen, weil die Pole nicht im Rande der Scheibe liegen. Nimmt man den scheinbaren Durchmesser der Uranusscheibe in mittlerer Entfernung dieses Planeten von der Sonne zu 3.30" an, so folgt daraus ein wahrer Durchmesser von 45898 *km* (28531 Miles), und bei Annahme der Masse zu 1:22800 der Sonnenmasse wird die mittlere Dichte des Uranus 0.3074 der mittlern Erddichte oder 1.69 so gross als die Dichte des Wassers. Die Messungen von Dr. See ergaben also für Uranus und Neptun in Bezug auf deren wahre Durchmesser nur einen Unterschied von etwa 2000 *km*, der durchaus innerhalb der Unsicherheit der Messungen liegt, so dass man beide Planeten als gleich gross betrachten kann. Sicherer scheint dagegen die Ungleichheit der Massen des Uranus und Neptun zu sein, wenigstens ist für den erstern eine Masse grösser als 1:21000 (der Sonnenmasse) und für letztern eine solche, die kleiner ist als 1:20000, ausgeschlossen. Sonach scheint es sicher, dass Neptun den Uranus an mittlerer Dichte merklich übertrifft, ein Ergebnis von grossem kosmologischen Interesse.

Der Mond.

Der photographische Mondatlas der Pariser Sternwarte hat durch Ausgabe von Lieferung 4 eine weitere Ausdehnung erfahren.[1]) Diese Lieferung enthält, wie die vorhergehenden, eine Probe im Massstabe des Originalclichés und sechs Kartenblätter in verschiedenen Massstäben vergrössert. Sämtliche Blätter, mit Ausnahme eines einzigen, gehören abnehmenden Phasen des Mondes an, und man sieht nun auch in diesem Atlas die östlichen Randgegenden in einer gewissen Ausdehnung. Die Herausgeber begleiten die Kartenblätter mit erläuternden Bemerkungen über die interessanten Objekte und mit Darlegungen über den wahrscheinlichen Ursprung der letztern. Diese Erläuterungen sind von grossem Werte und dürfen von keinem Selenographen unbeachtet bleiben, den grössten Wert aber haben die grossen Kartenblätter selbst. Obgleich sie bezüglich der dargestellten Details nicht so weit reichen, wie etwa die grosse Mondkarte von J. Schmidt, so bieten sie doch wegen der absoluten Treue der Wiedergabe die wichtigsten Anhaltspunkte zur genauen Darstellung der Mondoberfläche und die Detailforschung muss sich

---

[1]) Atlas photographique de la Lune, publiée par l'observatoire de Paris. Exécuté par M. Loewy et P. Poiseux, Quatrième Fascicule. Paris 1899.



Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

Jahrbuch XI, 1900.
Tafel II.

Gruppe von Protuberanzen im S. W. Quadranten der Sonne während der totalen Sonnenfinsternis am 28. Mai 1900.

Nach einer Photographie von E. E. Barnard und G. W. Ritchey am 6zölligen Teleskop.

gegenwärtig unbedingt an diese (oder ihnen gleiche) photographische Aufnahmen anlehnen. Wer sich heute noch auf den Standpunkt von Mädler und Schmidt stellt und die Darstellung der Mondoberfläche nach der Lehmann'schen Manier (die in unsern geographischen Karten mit Recht angewandt wird) versucht, beweist nur, dass er von dem dermaligen Zustande der Selenographie keine Ahnung hat.

Bezüglich der Art und Weise, wie die Gebilde der Mondoberfläche entstanden sein mögen, sind die scharfsinnigen Untersuchungen und Studien von W. Prinz[1]) der höchsten Beachtung würdig.

Über die Vergrösserung des Erdschattens bei Mondfinsternissen hat N. Donitch auf der Sternwarte zu Odessa Untersuchungen angestellt,[2]) indem er bei der Mondfinsternis am 3. Juli 1898 eine Reihe photographischer Aufnahmen derselben machte. Die Bearbeitung des aus diesen Beobachtungen gewonnenen Materiales hatte den Zweck, die Vergrösserung des Radius des Erdschattens auf der Mondscheibe zu bestimmen, soweit sie durch die Undurchlässigkeit unserer Atmosphäre für die chemischen Sonnenstrahlen hervorgerufen wird.

»An die Untersuchung dieser Frage konnte erst in der neuesten Zeit gegangen werden, seit die Photographie in ihrer Anwendung auf die Astronomie so bedeutende Fortschritte gemacht hat. Viel früher schon hatten die Astronomen die Möglichkeit, sich mit der Bestimmung der visuellen Vergrösserung des Radius des Erdschattens zu beschäftigen, d. h. der Vergrösserung, welche durch die Undurchlässigkeit unserer Atmosphäre für die optischen Strahlen der Sonne hervorgebracht wird. Der erste Versuch einer solchen Untersuchung ist schon im Anfange des vorigen Jahrhunderts gemacht worden. Im Jahre 1707 fand zuerst Lahire[3]), dass die visuelle Vergrösserung des Radius des Erdschattens auf der Mondscheibe, in Teilen dieses Radius ausgedrückt, gleich $^1/_{41}$ ist. Seit dieser Zeit ist eine ganze Reihe, dasselbe Thema behandelnder Arbeiten veröffentlicht worden, von denen die hervorragendsten von Mayer[4]) ($^1/_{60}$), Beer und Mädler[5]) ($^1/_{50}$, $^1/_{54}$, $^1/_{48\cdot6}$, $^1/_{28\cdot8}$), Schmidt[6]) ($^1/_{50}$, $^1/_{56}$, $^1/_{52}$, $^1/_{45}$, $^1/_{44}$), Oppolzer[7]) ($^1/_{40}$), Brosinsky[8]) ($^1/_{55}$), Hartmann[9]) und Seeliger[10]) verfasst sind.

---

[1]) Bull. de la Société Belge d'Astronomie 4. Année. p. 237. 263. 298. 348.

[2]) Astron. Nachr. No. 3601.

[3]) Lahire, Tabulae astronomicae 2me éd. Parisiis 1707.

[4]) Mayer, Commentarii Societatis scientiarum gottingensis. Gottingae. I. 1752.

[5]) Mädler, Astron. Nachr. 22. 1845. Beer und Mädler, Beiträge zur physischen Kenntnis der himmlischen Körper im Sonnensysteme. Weimar 1841. p. 55.

[6]) Schmidt, Der Mond Leipzig 1856. p. 142.

[7]) Oppolzer, Kanon der Finsternisse.

[8]) Brosinsky, Über die Vergrösserung des Erdschattens bei Mondfinsternissen, 1889.

[9]) Hartmann, Die Vergrösserung des Erdschattens bei Mondfinsternissen. Leipzig 1891. Hartmann, Die Beobachtung der Mondfinsternisse. Leipzig 1896.

[10]) Seeliger, Die scheinbare Vergrösserung des Erdschattens bei Mondfinsternissen, 1896.

Der erste Versuch, eine Mondfinsternis zu photographieren, ist von Hartmann in Leipzig am 3. August 1887 gemacht worden. Dieser Astronom erhielt mit Hilfe eines Astrographen, dessen Fokallänge 70 *cm* betrug, 14 Mondbilder auf ein und derselben Platte. Die Bilder gaben eine deutliche Vorstellung vom Verlaufe der Finsternis; leider erwiesen sie sich infolge ihres kleinen Massstabes als vollständig unbrauchbar für die weitere Bearbeitung. Bald darauf erschien in den »Astronomischen Nachrichten« (2821) ein Aufsatz von Bruns, in welchem der Verf. auf die Wichtigkeit der Beobachtung der Mondfinsternisse auf photographischem Wege hinweist und sich an die Astronomen mit der Aufforderung wendet, photographische Aufnahmen dieser Erscheinungen zu machen. Dieser Aufforderung zufolge machte Wolf in Heidelberg mehrere Aufnahmen der Mondfinsternisse vom 28. Januar 1888 und 16. Januar 1889 und überliess seine Negative sodann zur weitern Bearbeitung Hartmann.

Die Untersuchung der Wolf'schen Aufnahmen bildet eins der interessantesten Kapitel der bereits angeführten Hartmann'schen Abhandlung: »Die Beobachtung der Mondfinsternisse.« Nur flüchtig in diesem Kapitel die gewonnenen numerischen Beträge für die Vergrösserung des Radius des Erdschattens erwähnend, bemüht sich Hartmann, hauptsächlich zu beweisen, dass diese Vergrösserung unvergleichlich genauer auf photographischem Wege bestimmt werden könne, als aus Okularbeobachtungen.

Allein eine solche Schlussfolgerung erscheint nur in dem Falle gerechtfertigt, wenn — wie der Autor selbst bemerkt — bei der photographischen Aufnahme einer Mondfinsternis folgende Bedingungen erfüllt werden:

1. Alle Aufnahmen müssen auf Platten von gleicher Empfindlichkeit gemacht werden.
2. Alle Expositionszeiten müssen untereinander gleich sein.
3. Alle Platten müssen gleich stark entwickelt werden.

Die angeführten Bedingungen sind von Wolf nicht vollkommen streng erfüllt worden, und dies beeinflusst wiederum die Genauigkeit, mit welcher Hartmann die photographische Vergrösserung des Radius des Erdschattens bestimmt hat.

Bei der photographischen Aufnahme der Mondfinsternis am 3. Juli 1898 auf der Odessaer Sternwarte wurden die oben erwähnten drei Bedingungen nach Möglichkeit berücksichtigt. Als photographisches Fernrohr diente ein sechszolliger Astrograph. Das Fokalbild des Mondes wurde vermittelst eines negativen, in der Werkstätte von Steinheil angefertigten Vergrösserungssystems vergrössert, so dass der Durchmesser unseres Trabanten auf den Platten nahezu 81.5 *mm* betrug. Die Zahl aller gemachten Aufnahmen beläuft sich auf 33, doch erwiesen sich als brauchbar für die weitere Bearbeitung nur 25. Die Aufnahmen sind auf nichtorthochromatischen Platten aus der Fabrik Lumière ausgeführt.«

Bei der Ausarbeitung der Methode, auf photographischem Wege die Vergrösserung des Radius des Erdschattens auf der Mondscheibe zu bestimmen, liess Verf. sich leiten durch die theoretischen Betrachtungen, welche in Wichmann's Arbeit[1]) gegeben sind. Dieser Methode liegt die Voraussetzung zum Grunde, dass Mond und Erdschatten sich als zwei flache, runde Scheiben darstellen, welche sich in einer zur Gesichtslinie normalen Ebene übereinander hinbewegen.

Die Ausmessung der Photographien ergab nun, dass die photographische Vergrösserung des Radius des Erdschattens sogar geringer ist, als die kleine visuelle Vergrösserung, welche Mayer annimmt. »Wenn wir«, sagt Verf. »berücksichtigen, dass der Radius des Erdschattens, in Sekunden des geozentrischen Bogens ausgedrückt, für die Mitte der Finsternis gleich 45′ 46.28″ war, folglich seine Vergrösserung nach Mayer = 45.77″, so finden wir, dass die gesuchte photographische Vergrösserung dieses Radius gleich der Differenz 45.77—14.95″, d. h. 30.82″ ist«.

Die aktinische Strahlung des Mondes während der totalen Verfinsterung am 27. Dezember 1898. Um die Mitte dieser Finsternis hat Prof. Hough Photographien zur Ermittelung der Strahlung des verfinsterten Mondes bei einer Exposition von fünf Minuten hergestellt und mit Photographien verglichen, die am nächsten Abende vom Monde mit demselben Fernrohre bei reduzierter Öffnung aufgenommen waren. Hierbei zeigte sich, dass eine Öffnung von 0.16 Zoll und eine Exposition von 10 Sekunden ein ähnliches Negativ geben, wie das während der Finsternis hergestellte. Aus diesen Versuchen folgt, dass die aktinische oder photographische Kraft des verfinsterten Mondes $^1/_{17000}$ von derjenigen des nicht verfinsterten Mondes beträgt; das Licht des verfinsterten Mondes war kein gleichmässiges, und die photographische Kraft mag zwischen $^1/_{17000}$ und $^1/_{80000}$ variiert haben. Da der verfinsterte Mond stets farbig ist, hängt seine photographische Kraft von der Art der benutzten Platten ab und vielleicht auch von der Behandlung derselben vor der Entwickelung.[2])

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1899. Prof. H. Kreutz hat eine Zusammenstellung derselben gegeben,[3]) der folgendes entnommen ist.

Wolf'scher Komet 1898 IV. Die Sichtbarkeitsdauer des Kometen ist eine recht lange gewesen; zuletzt ist derselbe von Hussey auf der Lick-Sternwarte 1899 März 10 beobachtet worden.

---

1) Astron. Nachr. 33. p. 309.
2) Science 1899. N. S. 10. p. 794.
3) Vierteljahrsschrift d. Astron. Gesellschaft 35.

Komet 1898 VII. Die ausgedehnte Beobachtungsreihe von Tebbutt in Windsor hat sich bis 1899 März 3 erstreckt. Nachdem der Komet auch auf der Nordhalbkugel wieder sichtbar geworden war, ist er von Coddington auf der Lick-Sternwarte noch längere Zeit hindurch, bis 1899 September 7, beobachtet worden, so dass die gesamte Sichtbarkeitsdauer 15 Monate betragen hat. Zum vorigen Berichte ist ferner nachzutragen, dass das Spektrum des Kometen 1898 Juni 11 nach Campbell und Wright den gewöhnlichen Typus gezeigt hat; nur war das Bänderspektrum auffallend schwach im Vergleiche zu dem kontinuierlichen.

Komet 1898 VIII. Der Komet hat sehr langsam an Helligkeit abgenommen, so dass er noch bis 1899 Juni 26, an welchem Tage ihn Howe in University Park, Colo., zuletzt beobachtete, verfolgt werden konnte.

Aus drei Beobachtungen 1898 November 23, 1899 Januar 29 und April 4 hat R. Sprague die folgende Parabel abgeleitet:

$$T = 1898 \text{ September } 20.1110 \text{ mittlere Zeit Berlin}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 4^\circ\ 35'\ 31.9'' \\ \Omega &= 95\ \ 51\ \ 25.2 \\ i &= 22\ \ 30\ \ 27.3 \end{aligned}\right\} 1899.0$$

$$\log q = 0.358758$$

Komet 1899 I, entdeckt 1899 März 3 von L. Swift in Echo Mountain, Calif., in 4^h AR. und -29^0 Deklination. Der Komet war soeben dem blossen Auge sichtbar und zeigte ausser dem sternähnlichen Kerne und einem kurzen Schweife auffallenderweise zwei Nebelhüllen, eine helle innere und eine sehr grosse, aber ausserordentlich schwache, äussere. Die letztere ist später nicht wiedergesehen worden, so dass ihre Realität wohl noch einigem Zweifel unterliegen dürfte. Der Komet lief mit langsam zunehmender Helligkeit nach Norden, verschwand aber schon Ende des Monats — letzte Beobachtung Windsor März 31 — in den Sonnenstrahlen. Nach dem Passieren des Perihels wurde derselbe Ende April — erste Beobachtung Lemberg April 26 — auf der Nordhalbkugel wieder sichtbar und gelangte bald in eine für Beobachtungen sehr günstige Stellung am Himmel. Ende Mai erreichte der Komet, zugleich mit der grössten Erdnähe, seine nördlichste Deklination $+57^0$, nahm aber bald darauf ziemlich rasch an Helligkeit ab, so dass er schon Mitte Juli für Fernrohre mittlern Ranges ein schwieriges Beobachtungsobjekt wurde. In den Riesenrefraktoren wird wohl der Komet noch bedeutend länger sichtbar gewesen sein: soweit die Beobachtungen schon veröffentlicht sind, hat die letzte Beobachtung am 10. August in Strassburg und University Park, Colo., stattgefunden.

Der Komet hat nach dem Durchgange durch das Perihel entschiedene Entwickelung von Eigenlicht gezeigt. Beim Wiederauftauchen aus den Sonnenstrahlen war er bedeutend heller, 3. Grösse, als man nach der Sichtbarkeit vor dem Perihel hätte erwarten sollen.

Diese Helligkeit hielt aber nicht lange Stand, so dass der Komet Ende Mai bereits wieder unter die 5. Grösse gesunken war. Die schon oben vermerkte weitere Abnahme der Helligkeit wurde am 4. Juni durch die zuerst von Pokrowski und Holetschek bemerkte Zunahme der Helligkeit des Kernes und der ihn umgebenden Koma unterbrochen. Dieselbe erstreckte sich auf zwei Grössenklassen, verlor sich aber schon wieder nach wenigen Tagen.

Bemerkenswert ist ferner die Mitte Mai eingetretene Verdoppelung des Kernes des Kometen. Während am 8. Mai der Kern noch einfach war, konnte schon am 11. desselben Monats Perrine einen zweiten Kern in der Entfernung 12.5″ vom ersten erkennen. Die Helligkeit der beiden Kerne war 8.0^m, resp. 9.5^m. Barnard auf der Yerkes-Sternwarte sah die beiden Kerne zuerst am 20. Mai; nach seinen Messungen war die gegenseitige Entfernung am 23. desselben Monats bis auf 38.2″ gestiegen. Am 26. Mai war, wenigstens im 36-Zoller der Lick-Sternwarte, der zweite Kern wieder verschwunden. In mittlern Fernrohren ist diese Zweiteilung des Kernes nicht sichtbar gewesen; doch ist hier mehrfach gegen Ende Mai von einer fächerförmigen Ausstrahlung des Kernes nach der Sonne zu die Rede.

Über sehr interessante photographische Aufnahmen des Kometen und seines Spektrums vergl. man Publ. of the A. S. of the Pacific. 11. p. 147 und Astrophys. Journal X, p. 174. Hier möge genügen zu bemerken, dass der Schweif auf den Platten eine Länge von 9° erreichte, und dass das Spektrum die gewöhnlichen drei Bänder, aber fast ohne jedes kontinuierliche Spektrum, zeigte. Grosse, im Schweife vor sich gegangene Änderungen sind auch hier bei dem Vergleichen der verschiedenen Platten bemerkbar.

Der Komet beschreibt nach Merfield eine ausgesprochene Hyperbel; die Parabel lässt ganz unzulässige Fehler in den Beobachtungen übrig. Die aus zahlreichen Ortsbestimmungen von März 4 bis Juli 12 abgeleiteten Elemente lauten:

$$T = 1899 \text{ April } 13.0149 \text{ mittlere Zeit Berlin}$$
$$\left.\begin{array}{rl} \omega = & 8^\circ\ 41'\ 55.7'' \\ \Omega = & 24\ \ 59\ \ 18.3 \\ i = & 146\ \ 15\ \ 27.7 \end{array}\right\} 1899.0$$
$$\log q = 9.513974$$
$$e = 1.0003945$$

Holmes'scher Komet 1899 II. Der Holmes'sche Komet wurde in seiner zweiten Erscheinung nach der Vorausberechnung von Zwiers am 10. Juni 1899 von Perrine auf der Lick-Sternwarte wieder aufgefunden. Die Korrektion der Perihelzeit betrug nur + 0.43 Tage, ein glänzendes Zeugnis für die mit grosser Sorgfalt durchgeführten Zwiers'schen Rechnungen. Der Komet war bei der Auffindung ein runder Nebel von 30″ Durchmesser mit einer geringen Verdichtung in der Mitte; die Helligkeit überstieg nicht die 16. Grössenklasse. Auch späterhin ist der Komet nicht wesentlich heller geworden — selbst im Maximum erreichte er kaum die 14. Grösse — so dass

seine Sichtbarkeit auf die beiden Riesenfernrohre auf Mount Hamilton und in Williams Bay beschränkt blieb. So viel bis jetzt bekannt, fand am 6. November die letzte Beobachtung auf der Lick-Sternwarte statt.

Die grosse Lichtschwäche des Kometen steht in gar keinem Verhältnisse zu der grossen Helligkeit in der ersten Erscheinung, so dass die schon damals ausgesprochene Vermutung, dass der Komet für gewöhnlich zu den sehr lichtschwachen gehöre und nur 1892 aus unbekannten Gründen hell aufgeleuchtet sei, jetzt als nahezu gewiss angesehen werden muss.

Die folgenden verbesserten Elemente von Zwiers lassen in der ganzen Erscheinung nur noch unbedeutende Fehler übrig.

Oskulation 1899 September 9.0 mittlere Zeit Greenwich.
Epoche 1899 Juni 11.0 mittlere Zeit Berlin

$$\left.\begin{aligned} M &= 6^\circ\ 17'\ 44.7'' \\ \omega &= 14\quad 4\quad 21.0 \\ \Omega &= 331\quad 43\quad 32.0 \\ i &= 20\quad 48\quad 9.9 \\ \varphi &= 24\quad 17\quad 21.9 \end{aligned}\right\} 1899.0$$

$\mu = 516.1883''$
$\log a = 0.558132$
$T =$ 1899 April 28.0921 mittlere Zeit Berlin
$U =$ 6.873 Jahre

Tuttle'scher Komet 1899 III. Der Komet wurde am 5. März 1899 auf photographischem Wege von Wolf in Heidelberg ziemlich weit entfernt von der durch einen Fehler entstellten Rahts'schen Vorausberechnung aufgefunden. Die Helligkeit betrug die 11. bis 12. Grösse; ein sternartiger Kern war zu erkennen. Mitte April erreichte der Komet die 10. Grössenklasse und damit das Maximum seiner Helligkeit; der Durchmesser der Nebelmasse betrug zu dieser Zeit 2'; eine scharfe, kernartige Verdichtung trat auch jetzt deutlich hervor. Gegen Anfang Mai verschwand der Komet in den Sonnenstrahlen; die letzte Beobachtung vor dem Perihel wurde am 1. Mai von Perrine auf der Lick-Sternwarte angestellt. Nach dem Perihel ist der Komet noch eine Zeitlang auf der Südhalbkugel sichtbar gewesen; bis jetzt liegt aber nur von dort eine von Juni 16 bis Juli 10 reichende Beobachtungsreihe auf der Kapsternwarte vor. Der Komet wird hier stets als ein schwaches Objekt im 7-zölligen Äquatorial geschildert.

Die nachfolgenden, auf empirischem Wege verbesserten Elemente von Rahts stellen die Beobachtungen von Anfang März bis auf einige Bogenminuten dar.

Epoche 1899 Mai 4.5 mittlere Zeit Berlin

$$\left.\begin{aligned} M &= 359^\circ\ 59'\ 46.7'' \\ \omega &= 206\quad 39\quad 9.4 \\ \Omega &= 269\quad 49\quad 53.6 \\ i &= 54\quad 29\quad 16.3 \\ \varphi &= 55\quad 15\quad 23.7 \end{aligned}\right\} 1900.0$$

$\mu = 259.6234''$
$\log a = 0.757109$
$T =$ 1899 Mai 4.5051 mittlere Zeit Berlin
$U =$ 13.667 Jahre

Zweiter Tempel'scher Komet 1899 IV. In der vorjährigen sehr günstigen Erscheinung wurde der Komet am 6. Mai von Perrine auf Mount Hamilton in unmittelbarer Nähe der vortrefflichen Vorausberechnung von Schulhof aufgefunden. Sein Durchmesser betrug nur 10″; die Helligkeit überstieg nicht die 15.—16. Grössenklasse. Die grosse Lichtschwäche, die der Komet trotz des verhältnismässig grossen theoretischen Wertes der Lichtintensität ($J = 1 : r^2 \Delta^2 = 0.49$) zeigte, könnte im Hinblicke darauf, dass derselbe in frühern Erscheinungen bis zu $J = 0.11$ hat verfolgt werden können, befremden; man wird aber, da der Komet zu dieser Zeit sich noch drei Monate vor dem Perihel befand, hierin nur eine Bestätigung der fast allgemeinen Regel zu finden haben, dass die periodischen Kometen vor dem Perihel bei gleichen Werten von $1 : r^2 \Delta^2$ geringere Helligkeit zeigen als nach demselben. In der That haben die spätern Helligkeitsschätzungen in der Nähe des Perihels gezeigt, dass der Komet keineswegs an Lichtintensität gegen früher verloren hat. Zur Zeit der grössten Helligkeit, Ende Juli ($J = 3.70$), war derselbe von der 8.—9. Grösse und im Meridianinstrumente der Capsternwarte leicht beobachtbar. Anfang September war er im $3^1/_2$-zolligen Sucher des 12-Zollers auf der Lick-Sternwarte noch zu erkennen, und selbst am 22. November ($J = 0.11$) konnte er auf der letztern noch als ein Nebelstern 14. Grösse beobachtet werden. Im Maximum der Helligkeit betrug der Durchmesser des Kometen 3′; eine kernähnliche Verdichtung von 15—20″ Durchmesser, die bedeutend heller als die Nebelhülle war, war zu erkennen. Die stark südliche Stellung des Kometen — Anfang September erreichte er die Deklination von —36° — und seine Helligkeit haben besonders auf der Südhalbkugel zahlreiche Beobachtungen zur Folge gehabt, doch ist derselbe auch auf einzelnen Sternwarten der Nordhalbkugel, wie z. B. Arcetri und Mount Hamilton, trotz der südlichen Deklination eifrig verfolgt worden. Wie weit die Beobachtungen sich erstreckt haben, ist zur Zeit noch nicht bekannt; auf der Südhalbkugel hat Renton in Cordoba am 11. Oktober die letzte Beobachtung angestellt.

Die folgenden Elemente sind von Schulhof aus den drei Erscheinungen 1873, 1878 und 1894 abgeleitet worden; nur die mittlere Anomalie hat zum bessern Anschlusse an die Mai-Beobachtungen eine Korrektion von —24″ erfahren.

Epoche und Oskulation 1899 September 6.0 mittlere Zeit Berlin

$$\left.\begin{aligned} M &= 7^\circ\ 21'\ 29.9'' \\ \omega &= 185\ \ 36\ \ 20.0 \\ \Omega &= 120\ \ 57\ \ 56.3 \\ i &= 12\ \ 38\ \ 52.6 \\ \varphi &= 32\ \ 49\ \ 38.7 \end{aligned}\right\}\ 1899.0$$

$$\begin{aligned} \mu &= 671.9166'' \\ \log a &= 0.481\,794 \\ T &= 1899\ \text{Juli}\ 28.5450\ \text{mittlere Zeit Berlin} \\ U &= 5.281\ \text{Jahre} \end{aligned}$$

Komet 1899 V, entdeckt am 29. September von Giacobini in Nizza in 16^h AR. und —5° Deklination. Der Komet war 11. Grösse,

rund, hatte 1′ im Durchmesser und besass eine deutliche Verdichtung 13. Grösse. Im Laufe des Oktober scheint derselbe, obschon die theoretische Helligkeit abnahm, eher heller als schwächer geworden zu sein; erst im November stellte sich starke Lichtschwäche ein, die schwerlich die Sichtbarkeitsdauer weit über diesen Monat hinaus verlängert hat. Die veröffentlichten Ortsbestimmungen schliessen mit Königsberg November 6. Auf der Lick-Sternwarte ist der Komet noch am 23. November als ein Nebel 13. Grösse gesehen worden; ob ein am 8. Dezember in Strassburg beobachtetes Objekt sich auf den Kometen bezieht, muss näherer Untersuchung vorbehalten bleiben.

Die folgenden Elemente sind vom Entdecker selbst aus Beobachtungen vom 30. September bis 24. Oktober abgeleitet worden.

$$\begin{aligned} T &= 1899 \text{ September } 14.4753 \text{ mittlere Zeit Berlin} \\ \omega &= 10^{\circ}\ 30'\ 10.4'' \\ \Omega &= 272\ \ 14\ \ 27.2 \quad \Big\} \ 1899.0 \\ i &= 76\ \ 59\ \ 31.7 \\ \log q &= 0.251540 \end{aligned}$$

Die von Winther aus drei Beobachtungen Oktober 1, 9, 22 gefundenen Elemente stimmen hiermit nahe überein.

Um die Wiederauffindung des periodischen Kometen 1892 V (Barnard) in der zweiten Erscheinung zu ermöglichen, hatte Coniel in B. A. 16. p. 244 für verschiedene Annahmen der Umlaufszeit Ephemeriden veröffentlicht. Die auf Grund derselben im Herbste 1899 von Wolf in Heidelberg auf photographischem Wege angestellten umfangreichen Nachforschungen haben leider zu keinem Resultate geführt.

Die für den Herbst 1899 zu erwartende Wiederkehr des Finlayschen Kometen konnte wegen ungünstiger Stellung desselben zur Sonne nicht beobachtet werden.

Die ursprüngliche Bahn des Kometen 1892 II. Die Frage nach der Herkunft der Kometen ist bekanntlich noch durchaus nicht gelöst, denn die elliptische Bahn eines Kometen beweist keineswegs, dass derselbe stets dem Sonnensysteme angehört habe. Im Gegenteile scheint es notwendig, für dieselben einen verschiedenartigen Ursprung anzunehmen, wenn man mit Gewissheit nachweisen könnte, dass gewisse Kometen sich in hyperbolischen Bahnen bewegten, ehe sie in das Sonnensystem gelangten. Zu diesem Zwecke müsste man für solche Kometen, deren Bahn eine Exzentrizität von nahe 1 ergeben hat, die Störungen möglichst weit rückwärts berechnen. Hierzu sind nur wenige, etwa zehn Kometen geeignet, deren Bahnen in der Nähe des Perihels als ausgesprochen hyperbolisch sich herausgestellt haben. Die erste Untersuchung dieser Art wurde von Thraen ausgeführt bezüglich des Kometen 1886 II. Er fand dessen Bahn merklich hyperbolisch in den der Sonne nähern Regionen; aber die Rückwärtsberechnung der Störungen zeigte, dass die Exzentrizität mmer kleiner wurde und vor dem 5. Oktober 1882 wahrscheinlich

unter 1 herabsank, d. h., dass in der frühern Zeit die Bahn des Kometen elliptisch war. Später hat jedoch Strömgreen gezeigt, dass in der Behandlungsweise des Problems durch Thraen ein Fehler steckt, indem die Störungen, welche der Komet seitens der Planeten erleidet, sobald es sich um die frühere Bahn desselben handelt, nicht in Bezug auf die Sonne berechnet werden müssen, sondern in Bezug auf den Schwerpunkt des Sonnensystems, um welchen die Sonne selbst eine kleine Ellipse beschreibt. Diese Rechnung hat Strömgreen für den Kometen 1890 II ausgeführt und gefunden, dass derselbe stets in einer Hyperbel sich bewegte. G. Fayet hat jetzt eine ähnliche Rechnung auch für den Kometen 1892 II ausgeführt.[1]) Steiner hatte früher[2]) aus einer grossen Reihe von Beobachtungen die Bahn dieses Kometen als hyperbolisch erkannt mit einer Exzentrizität = 1.000345, deren Unsicherheit nicht ± 0.000064 übersteigt, so dass also an dem hyperbolischen Charakter der Bahn in der Nähe des Perihels nicht gezweifelt werden kann. Fayet hat nun für diesen Kometen die Störungen der Exzentrizität durch Jupiter bis 6. Februar 1886 rückwärts berechnet, diejenigen des Saturn sind unbedeutend und die des Uranus und Neptun völlig zu vernachlässigen. Damals betrug die Distanz des Kometen vom Jupiter 16.88 Erdbahnhalbmesser. Eine weitere rückwärtige Fortführung der Rechnung bis 30. Juli 1868 schliesst bei einer Distanz des Kometen vom Jupiter, die 46.38 Erdbahnhalbmesser beträgt. Es fand sich hieraus, dass die frühere Bahn des Kometen 1892 II eine Ellipse war. In diesem Falle ist also die ursprünglich elliptische Bahn durch die störende Einwirkung der Planeten (hier des Jupiter) in der Nähe des Perihels in eine hyperbolische umgewandelt worden. und ebenso ist der umgekehrte Fall möglich, dass Bahnen, die ursprünglich hyperbolisch waren, in der Nähe des Perihels zu elliptischen werden.

Sternschnuppen und Meteoriten.

Der Meteorsteinfall bei Allegan am 10. Juli 1899. Derselbe fand statt um 8 Uhr vormittags. Von einem Augenzeugen, der ein Bruchstück des Aërolithen Henry L. Ward übersandt hatte, wurde auf Befragen angegeben, dass der Stein, von NW kommend, etwa in 40 Fuss Abstand an den Wegearbeitern vorüberzog und in geringer Entfernung in den Sand sich eingrub. Erst hörten sie einen heftigen, kanonenschussähnlichen Knall in der Luft, dem ein etwa fünf Minuten andauerndes Rollen folgte. Beim Aufblicken sahen sie eine schwarze Kugel von Faustgrösse dahinfliegen, an welche sich ein etwa sechs Fuss langer, in eine Spitze auslaufender Streifen an-

---

[1]) Bulletin Astronomique Mars 1900. 17. p. 104.
[2]) Astron. Nachr. No. 3472.

schloss. Das Geräusch verwandelte sich in ein Zischen und Pfeifen; dann sah man Staub aufwirbeln, und als die Arbeiter den $1^1/_2$ Fuss eingesenkten Stein herausholen wollten, war er so heiss, dass er nicht mit der Hand, sondern mit der Schaufel herausgehoben werden musste; der Sand war etwa zwei Fuss rund um den Stein heiss. Beim Aufschlagen zerfiel etwa ein Drittel in kleine Stücke, die sämtlich eine schwarze Rinde zeigten. Dass der Stein in seiner ganzen Masse heiss gewesen, glaubt der Augenzeuge daraus schliessen zu können, dass das vier Pfund schwere Stück, das er an Ward einschickte, von einer Hand in die andere gebracht werden musste, weil es zum Halten zu heiss gewesen. Das eingesandte Stück beschreibt Ward wie folgt: Es ist hell aschgrau, äusserst brüchig und mit einer Rinde bedeckt, die im Mittel 1 *mm*, stellenweise aber volle 2 *mm* dick ist. Der Stein ist chondritisch, die grössten aus Enstatitnadeln bestehenden Chondren von 3 *mm* Durchmesser sind spärlich in ihm zerstreut, die Mehrzahl ist kleiner bis sehr klein. Die optische Prüfung ohne polarisiertes Licht zeigte die Anwesenheit von Enstatit, Chrysolith, Feldspat, Troilit und Eisen. Das spezifische Gewicht ohne Rinde betrug 3.558. Adern waren in dem untersuchten Stücke nicht vorhanden. — Die grössere Masse des Steines, deren Gewicht $62^1/_2$ Pfund sein soll, ist in den Besitz des U. S. National Museum in Washington übergegangen.

Grosser Sternschnuppenfall am 3. Januar 1900. Derselbe ist von Prof. Herschel in England beobachtet worden. In den ersten Nächten des Januar pflegen sich Meteore aus dem Sternbilde des Mauerquadranten, zwischen den Sternbildern des Kleinen Bären und der Krone, zu zeigen; doch sind sie bisher wenig beachtet worden. Während der Zeit von 11 bis $4^1/_2$ Uhr fielen die Meteore in einer Zahl von 25 in der Stunde, meist Sternschnuppen erster und zweiter Grösse. Gegen 3 Uhr fiel ein Meteor, das die Helligkeit des Planeten Venus drei- bis viermal überstrahlt haben muss, denn es warf einen so starken Schein auf das Notizbuch des Beobachters, dass dieser zum Aufschauen veranlasst wurde und nunmehr einen langen und breiten, hellglänzenden Lichtsreifen sah, der in der ganzen durchlaufenen Bahn noch etwa 10 Sekunden lang sichtbar blieb. Ein anderes Meteor besass mindestens die gleiche Helligkeit wie Venus und hinterliess einen merklich geschwungenen, gelben Lichtstreifen, der sechs Sekunden lang sichtbar blieb. Etwa drei Minuten nach seinem Verschwinden ereignete sich die merkwürdige Erscheinung, dass zwei Sternschnuppen zweiter Grösse gleichzeitig von dem Sternbilde des Mauerquadranten aus nebeneinander zwischen den Hauptsternen des Grossen Bären hindurchschossen, auf eine Länge von etwa 20° immer nahe nebeneinander bleibend. Gegen $^1/_2$3 Uhr erschien ein Meteor von der Helligkeit von α Lyrae, verschwand nach einem Laufe von etwa 20° und erschien dann fast unmittelbar darauf von neuem; doch ist nicht

ausgeschlossen, dass der letzte Teil der sichtbaren Meteorbahn von einem neuen Meteor gebildet wurde. Prof. Herschel hat in jener Nacht 80 Meteorbahnen auf der Sternkarte eingezeichnet und 15 weitere gezählt. Zu Vierfünftel gehörten diese Meteore zu den Quatrantiden, wie sie benannt werden·können; der Strahlungspunkt am Himmelsgewölbe, von dem diese Meteore ausgehen, wird nach diesen Beobachtungen mit Sicherheit bestimmt werden können. Nur wenige der hellsten Meteore hinterliessen einen schwachen, einige Zeit andauernden Lichtstreifen am Himmel, die meisten waren nur weitfliegende, hellgelbe, sterngleiche Lichtpunkte, die nur selten Funken hinter sich herzogen. Das ungewöhnliche Schauspiel, das die Quadrantiden dieses Jahr geboten haben, lässt darauf schliessen, dass diesmal ein Maximum der Erscheinungen eingetreten ist, indem die Erde wahrscheinlich einen besonders dichten Teil des Meteorschwarmes auf ihrer Reise angetroffen hat.

Ein glänzendes Meteor bei Tage ist am 9. Januar 1900 um 2^h 55^m nachmittags im südöstlichen England von vielen Personen gesehen worden, während die Sonne am wolkenlosen Himmel hell leuchtete. In westöstlicher Richtung sich bewegend, flog es schnell durch den südlichen Himmel und endete seine Bahn gerade unter dem Monde, der zur Zeit im Südosten 33^0 hoch stand. Die Seltenheit einer Feuerkugel am Tage und die ungemeine Helligkeit, die sie besitzen musste, um bei Anwesenheit der Sonne die Aufmerksam keit auf sich zu ziehen, verleiht der Erscheinung ein besonderes Interesse. Die »Nature« vom 18. und 25. Januar bringt kurze Berichte von Augenzeugen; die Angaben sind jedoch wenig übereinstimmend trotz des günstigen Umstandes, dass der Mond am Himmel stand, in dessen Nähe die sichtbare Bahn ihren Anfang genommen zu haben scheint. Der Strahlungspunkt des Meteors lag wahrscheinlich niedrig am SW-Himmel; Genaueres wird erst erschlossen werden können, wenn Berichte aus dem nördlichen Frankreich eintreffen. Vorläufig scheint über die Bahn folgendes angegeben werden zu können: Das Meteor erschien 59 engl. Meilen (94.4 *km*) über einem Punkte, der 16 *km* östlich von Valognes bei Cherbourg liegt; es endete 36.8 *km* über Calais; die Länge der Bahm betrug 280 *km*; Srahlungspunkt α 280^0 δ — 12^0. Die Geschwindigkeit ist zweifelhaft, da die Angaben über die Dauer der Erscheinung zwischen 1 und 4 Sekunden variieren. Die Farbe wird meist als weiss angegeben.[1])

Über die wahrscheinliche Anzahl der teleskopischen Meteore macht Dr. T. J. J. See einige interessante Mitteilungen.[2]) Auf Grund seiner Erfahrungen findet er, dass in dem Gesichtsfelde

---

[1]) Naturw. Rundschau 1900. No. 10.
[2]) Astron. Nachr. No. 3618.

eines 24zolligen Refraktors, welches einen Durchmesser von 6′ hatte, im Jahresdurchschnitte pro Nacht fünf Meteore auftauchen. Hiernach würden, wie Dr. See berechnet, innerhalb 180 Miles vom Observatorium und weniger als 60° Zenithdistanz in der Atmosphäre etwa eine halbe Million Meteore konsumiert. Da die ganze Erdoberfläche 1200 solcher lokalen Flächen umfasst, so müssten hiernach in jeder Nacht etwa 600 Millionen teleskopischer Meteore in die Erdatmosphäre treten und ebenso viele an jedem Tage. Prof. H. A. Newton's frühere Schätzung dieser Meteore bezifferte sich auf 15 Millionen. Würde jedes dieser Meteore nur zu 1 *g* Gewicht geschätzt, so würde unter der obigen Voraussetzung der Atmosphäre durch sich darin auflösende Meteore jährlich ein Massenzuwachs von rund 500 000 Tons Gewicht zugeführt.

Das häufigere Auftreten von Feuerkugeln zu gewissen Zeiten des Jahres, auf welches T. Köhl hingewiesen,[1]) ist von H. Bornitz durch eine mühevolle Sammlung alles über diese Meteore bekannt gewordenen Materials erwiesen worden. Er findet aus seinen Zusammenstellungen der Nachrichten über Feuerkugeln seit 1400:

Januar 1—2:	65 Feuerkugeln,	darunter 6 detonierend	und 6	Meteoritenfälle
März 12—14:	56 Feuerkugeln,	7 detonierend,	6	Meteoritenfälle
April 12—14:	57 »	6 »	6	»
Juli 29 — August 2:	145 »	12 »	8	»
September 26—29:	73 »	9 »	2	»
Oktober 20—22:	74 »	6 »	4	»
November 8—10:	89 »	9 »	2	»
» 15—17:	110 »	2 »	2	»
Dezember 10—13:	179 »	16 »	2	»

Über die Struktur der chondritischen Meteorite hat A. F. Renard Untersuchungen angestellt,[2]) von denen A. Klautzsch eine kurze Darstellung giebt.[3]) Die Chondriten bilden den häufigsten Typus unter den Meteorsteinen, d. h. den Meteoriten, in welchen zwar noch gediegenes Eisen vorhanden ist, aber nur in geringen Mengen; sie bestehen aus einer mehr oder minder feinkörnigen, oft einem vulkanischen Tuffe ähnelnden, grauen oder schwarzen Grundmasse, in welcher eigentümliche Kugelbildungen, sowie Körner von Olivin, Bronzit, Nickeleisen etc. liegen.

Zur Erklärung ihrer Struktur und ihres Ursprunges dienen bis heute vornehmlich zwei Ansichten: die einen, z. B. Tschermak, glauben an einen pyroklastischen Ursprung derselben und betrachten die Chondrite als eine Art Agglomeratlava; die andern dagegen, z. B. Kenngott, Wadsworth, von Foullon, betrachten sie als krystalline

[1]) Sirius 1900. p. 61.
[2]) Bull. de l'Acad. Royale de Belgique (Classe des sciences) 1899. p. 537.
[3]) Naturw. Rundschau 1900, p. 228.

Gesteine, deren Bestandteile sich in situ gebildet haben. Renard schliesst sich letzterer Anschauung an und kommt auf Grund mikroskopischer wie experimenteller Untersuchungen zu dem Resultate dass die ihnen eigentümliche Struktur klastischer Art, durch starken Druck erzeugt sei, analog den Zertrümmerungserscheinungen in irdischen Gesteinen, die durch tektonische Bewegungen erzeugt werden.

Für die Bildung der einzelnen Bestandteile in situ sprechen folgende Gründe: die Chondren erscheinen niemals als Einschlüsse fremder Gesteine, sondern bestehen aus denselben Mineralien, welche ihre Umgebung bilden; weder in den Einsprenglingen, noch in der Grundmasse erkennt man vulkanische Partikel wie Staub, Asche, Lapilli, glasige Fragmente, Blasen oder mit Glasrinde versehene Krystalle; nirgends beobachtet man eine Schlacken- oder Bimssteinstruktur; die vorkommende Glassubstanz stammt einzig und allein von der Schmelzung der Rinde her, die bei dem Falle der Steine durch unsere Atmosphäre hervorgerufen wird.

Der von Renard als Ursache ihres klastischen Aussehens herangezogene Druck bewirkt ein Zerbrechen der Krystalle unter Beibehaltung der ursprünglichen, gegenseitigen Lagerung (die einzelnen Bruchteile zeigen unter dem Mikroskop in polarisiertem Lichte bei gekreuzten Nicols einheitliche, wenn auch undulöse Auslöschung); die grössern Krystalle zeigen Mörtelstruktur, d. h. um einen noch nicht zerbrochenen Kern eine Zone von Bruchstücken, so dass der Eindruck von Einsprenglingen und Grundmasse hervorgerufen wird.

Und doch besteht ein Gegensatz in den dynamometamorphen Erscheinungen siderischer und terrestrischer Gebilde: diese erscheinen eher fester geworden, jene leicht zerbrechlich und wenig widerstandsfähig. Der Grund liegt darin, dass bei den irdischen Gesteinen ausser der durch den Druck erhöhten Temperatur chemische Änderungen durch molekulare Umlagerungen und das nie fehlende Wasser eine Rolle spielen. Bei den Meteoriten dagegen kommt nur der hydrostatische Druck in Frage. Ein Experiment Renard's bestätigt diese Annahme: mit Hilfe einer Stahlpresse, nach Konstruktion von Stöber zum Studium von Druckerscheinungen bei krystallisierten Körpern, welche einen Druck von 5000 — 6000 Atmosphären erzeugen kann, wurde ein Stück eines feinkörnigen Sandsteines, der vornehmlich aus mehr oder weniger parallel liegenden, unregelmässig begrenzten Quarzkrystallen bestand, eingeschlossen in einer Metallkapsel, während drei Stunden einem Druck von etwa 5000 Atmosphären ausgesetzt. Ausser einer senkrecht zur Druckrichtung verlaufenden groben Schieferung erkennt man danach äusserlich keinerlei Veränderung, aber unter dem Mikroskop untersucht, macht das Gestein einen völlig klastischen Eindruck. Interessant erscheint zum Schlusse dem Verf. die Universalität der mechanischen Metamorphose, die, schon lange bei unsern irdischen Gesteinen bekannt, nun auch sich bei kosmischen Gebilden konstatieren lässt.

Neue Klassifizierung der Meteoriten.[1]) Eine auf die Prinzipien der modernen Petrographie sich stützende Einteilung der Meteoriten giebt E. Weinschenk in einer Arbeit: »Zur Klassifikation der Meteorite« in dem Sitzungsberichte der königl. bayer. Akademie der Wissenschaften der mathematisch-physikalischen Klasse vom 9. Mai 1899.

Während in dem bisher geltenden Systeme, das 1864 von Gustav Rose aufgestellt, seither von Tschermak und Brezina erweitert war, zunächst die Eisenmeteorite von den Steinmeteoriten geschieden wurden, war namentlich die Einteilung der letztern eine rein äusserliche, wie z. B. nach Farbe und Struktur.

Da die Steinmeteorite nun alle der Gruppe der Magnesiasilikatgesteine angehören, und sich so in der Mineralzusammensetzung kein Einteilungsprinzip ergiebt, nimmt Weinschenk die Mikrostruktur derselben zu Hilfe. Er kommt dabei zu dem Resultate, dass sämtliche Chondrite krystallinisch sind, oder es doch mindestens gewesen sind. In letzterem Falle hat entweder durch Druck eine allgemeine Zermalmung, verbunden mit einer Auflockerung des ganzen Gefüges stattgefunden, oder beim Durchfallen unserer Atmosphäre hat durch die entstandene Schmelzung der Rinde eine starke Injektion dieser schwarzen Schlacken in die Spalten und Risse des Gesteines hinein stattgefunden. Ein weiteres Trennungsmerkmal ist das mehr oder minder häufige Vorhandensein der Chondren, jener kugeligen Bildungen, die diesen Meteorsteinen den Namen gegeben haben, sowie die Art der auftretenden Zwischenklemmungsmasse.

Weinschenk kommt so zu folgendem Systeme:

A. Eisenarme Meteorsteine.

I. Anormale.

a) Eukrit: feldspatreich mit ursprünglich ophistischer Struktur
b) Chladeït: } Vorherrschend { rhombischer- } Pyroxen.
c) Augrit: } { monokliner }
d) Chassiguit: vorherrschend Olivin mit körniger Struktur.
e) Bustit: feldspatfreies
f) Howardit: feldspathaltiges Gestein mit Olivin und Pyroxen.

II. Normale.

1. Meteorsteine mit gleicher Basis und Krystallskeletten.
2. Meteorsteine mit Plagioklasausfüllung.
3. Mit schwarzer schlackiger Masse injizierte Steine.

B. Eisenreiche Meteorsteine.

1. Mit Chondren.
2. Ohne Chondren.

---

[1]) Naturw. Wochenschrift 1900. p. 223.

Fixsterne.

Die photographische Himmelskarte. Das grosse internationale Unternehmen der photographischen Aufnahme des ganzen Sternenhimmels hat vor kurzem die ersten Schritte in Bezug auf Veröffentlichung seiner Arbeiten gethan. Bekanntlich war auf Anregung des Admirals Mouchez vor anderthalb Jahrzehnt durch die Pariser Akademie der Wissenschaften ein astronomischer Kongress zusammenberufen worden, auf dem durch von ihren Regierungen gesandte Vertreter der Wissenschaft die Grundlagen für eine photographische Aufnahme des Himmels festgestellt worden sind. Nicht weniger als 18 Sternwarten haben die Arbeit unter sich verteilt, und die einzelnen Aufnahmen geschehen überall nach denselben Grundsätzen und an gleich grossen Instrumenten. Der festgestellte Plan ist, wie kurz an dieser Stelle wiederholt werden soll, folgender: Es wird eine Karte des Sternenhimmels durch photographische Aufnahmen von langer Dauer hergestellt, derart, dass auf den Platten alle Sterne bis zur 14. Grösse erscheinen. Die Zahl dieser Sterne schätzt man auf 30 Millionen. Diese Platten bilden also ein Inventar des Himmels, welches den gegenwärtigen Bestand desselben an Fixsternen bis zu jener Grösse wiedergiebt. Ausser diesen Aufnahmen werden noch Photographien mit kurzen Aufnahmen gemacht, welche die Sterne bis zur 11. Grösse wiedergeben. Diese Aufnahmen sollen dazu dienen, um daraus die genauen Orte der Sterne 1.—11. Grösse durch Messung auf den Platten abzuleiten. Man schätzt die Zahl dieser Sterne auf drei Millionen. Die beiden parallel laufenden grossen Unternehmungen sind nun von den dabei beteiligten Sternwarten mit besonderem Eifer gefördert worden, und gewisse Schwierigkeiten, die sich hier und da herausstellten, wurden auf wiederholten Kongressen zu Paris erörtert und beseitigt. Gegenwärtig liegen nun die beiden ersten Veröffentlichungen der photographischen Himmelskarte vor. Das unter Leitung von Prof. Vogel stehende astrophysikalische Observatorium zu Potsdam hat den ersten Band des grossen Sternenkatalogs veröffentlicht. Derselbe enthält alle Sterne bis 11. Grösse gemäss den Aufnahmen auf 57 Platten, welche die Zone des Himmels zwischen 32 und 39° nördl. Deklination umfassen. Anderseits hat das Pariser Observatorium die ersten 20 Blätter der grossen photographischen Karte veröffentlicht, die alle Sterne bis zur 14. Grösse enthält. Die Ausführung dieser Blätter hat erstaunliche Schwierigkeiten verursacht, die eine Zeitlang unübersteiglich erschienen. Die lichtschwächsten Sternchen erschienen nämlich auf den Platten so schwach, dass es schwer ist, sie überall mit Sicherheit von den Unreinigkeiten der empfindlichen Schicht und von den zahlreichen falschen Bildern zu unterscheiden. Um diese Schwierigkeiten zu heben, hat der Kongress 1896 vorgeschrieben, jede langdauernde Aufnahme in drei kürzere von je 30 Minuten Dauer zu zerlegen.

Zwischen jeder Aufnahme wird die Platte um einen mikroskopisch kleinen Betrag aus ihrer Lage bewegt, so dass also von jedem Sterne unter dem Mikroskop ein dreifaches Bildchen erscheint, eine Verwechselung mit zufälligen Plattenfehlern daher ausgeschlossen ist. Von der ungeheuren Menge der auf diesen Platten erscheinenden Sterne kann man sich eine Vorstellung machen, wenn man hört, dass eine derselben von 16 *cm* im Quadrat nicht weniger als 6705 Sterne enthält, also mehr, als das schärfste unbewaffnete Auge am ganzen Himmel wahrnehmen kann. Die beiden Observatorien zu Potsdam und Paris dürfen sich rühmen, die Reihe der Veröffentlichungen der grossen photographischen Himmelskarte nach den beiden Richtungen derselben eröffnet zu haben.

Katalog der photographischen Grössen der Plejaden-Sterne. E. Ch. Gauthier von der Sternwarte Algier hat ein Verzeichnis der photographischen Helligkeiten von 300 Plejaden-Sternen hergestellt, die sich innerhalb eines Kreises von 55′ Radius um Alcyone, dem hellsten Sterne der ganzen Gruppe, zeigen.[1]) Die Helligkeiten dieser Sterne variieren von der 4. bis zur 12. Grösse. Sie wurden bestimmt durch Messungen der Durchmesser der Sternscheibchen auf photographischen Clichés, die am Observatorium zu Algier erhalten worden sind. Von den 300 Sternen konnten alle, mit Ausnahme von elf sehr lichtschwachen, in den bisherigen Sternverzeichnissen identifiziert werden. Bei neun Sternen finden sich Abweichungen in Bezug auf die Helligkeit in den Angaben früherer Beobachter und teilweise auch in denen der photographischen Aufnahmen, die sich über die Jahre 1895 — 1899 verteilen. Gauthier hat einen Katalog sämtlicher 300 Sterne mit Angabe ihrer Örter (für 1900), der geschätzten und von verschiedenen Astronomen photographisch erhaltenen Helligkeiten und der von ihm selbst bestimmten photographischen Grössen zusammengestellt, sowie auf Grund dieses Katalogs auch eine neue Karte der Plejaden entworfen. Er beabsichtigt ferner, diese Sterne alljährlich bezüglich ihrer Helligkeit genau zu überwachen, um etwaige Lichtveränderungen, die sich bei einzelnen derselben zeigen möchten, festzustellen.

Die Farben der Fixsterne sind von H. Osthoff beobachtet worden.[2]) Derselbe hat seine Beobachtungen 1885—1893 teils mit einem terrestrischen Fernrohre, teils mit einem 4-zolligen astronomischen Fernrohre angestellt. Bei den Schätzungen der Farbe hat er sich der 10-teiligen Skala von J. Schmidt bedient, deren Stufen er folgendermassen definiert:

---

1) Bull. de la Société Astronomique de France 1900. Octobre. p. 441.
2) Astron. Nachr. No. 3657—3658.

0° = weiss, 1 = gelblichweiss, 2 = weissgelb (weiss und gelb zu gleichen Teilen), 3 = hell- oder blassgelb, 4 = reingelb, 5 = dunkelgelb, 6 = rötlichgelb (gelb überwiegt), 7 = rotgelb (gelb und rot zu gleichen Teilen; orange), 8 = gelblichrot (rot überwiegt), 9 = rot mit geringer Spur gelb, 10 = rot.

Die Farben blau und grün hält Osthoff für subjektiv; sie entstehen nach seiner Meinung, wenn der Beobachter den Einfluss fremden Lichtes nicht vermieden hat. Diese Bemerkungen finden jedoch keine Anwendung auf die wirklich blauen Begleiter farbiger Doppelsterne.

Als Ergebnis seiner 14 jährigen Arbeit stellt Verf. folgendes hin:

1. Die Methode der Farbenschätzungen liefert zuverlässige Resultate, vorausgesetzt, dass man zuvor seinen Farbensinn geschult hat, dass man es nicht an den peinlichsten Vorsichtsmassregeln fehlen lässt, und dass man das Farbenschätzen nicht beiläufig als Nebenarbeit betreibt.

2. Die Schmidt'sche Farbenskala ist von allen die beste.

3. Das Farbenschätzen ist ebenso vielerlei schädlichen Einflüssen (atmosphärischer, instrumenteller und physiologischer Natur) ausgesetzt, wie alle andern astronomischen Beobachtungen auch.

4. Schon mit einem kleinen Instrumente (sogar mit einem Opernglase) vermag man, die Farben der genügend hellen Sterne sicher zu bestimmen.

Schliesslich giebt Verf. einen Katalog aller Sterne, deren Farbe er bestimmt hat. Dieser Katalog enthält sämtliche Sterne bis 5. Grösse nach Heis Atlas novus coelestis vollständig bis 10° südl. Deklination, ausserdem mehrere südlicher stehende, im ganzen 1009 Sterne. In diesem Kataloge sind die mit dem terrestrischen Fernrohre und dem 4-zolligen Refraktor angestellten Beobachtungen angeführt; in vier Fällen konnten südliche Sterne nur mit dem erstgenannten Fernrohre beobachtet werden und ist die Farbe auf die des 4-Zollers reduziert. Die scheinbare Grösse der Sterne wurde nach der Potsdamer Publikation Band 9 und den Annalen der Harvard-Sternwarte angesetzt. Die Zahlenangaben für die Farben sind die Mittelwerte aus den unmittelbaren Schätzungen. Nachstehend folgt der Farbenkatalog des Verf., jedoch sind hier nur die Mittel der Schätzungen im 4-zolligen Refraktor wiedergegeben, während der Originalkatalog auch die Farben, die für eine Anzahl Sterne am terrestrischen Fernrohre gefunden wurden, und die Zahl der Schätzungen enthält.

Bezüglich eines etwaigen Wechsels der Färbung kommt Osthoff zu dem Ergebnisse, dass derselbe nur subjektiv sein könne und dann lediglich mit dem Helligkeitswechsel derselben zusammenhänge. Nach seinen Erfahrungen kommen objektive Wechsel der Farbe bei Fixsternen nicht vor.

Osthoff's Farbenkatalog der Fixsterne.

No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe
		m	c			m	c			m	c
1	33 Piscium	4.6	5.7	55	ψ Cassiop.	4.8	6.7	109	γ Ceti	3.8	3.1
2	α Androm.	2.1	1.7	56	θ Ceti	3.8	5.8	110	π »	4.3	2.8
3	β Cassiop.	2.4	3.1	57	δ Cassiop.	2.8	3.0	111	38 Arietis	5.4	4.2
4	γ Pegasi	3.3	1.8	58	ρ Piscium	5.5	4.3	112	μ Ceti	4.4	4.1
5	χ »	5.0	7.3	59	94 »	5.7	6.3	113	39 Arietis	4.6	6.4
6	θ Androm.	4.3	3.3	60	ω Androm.	4.8	4.1	114	η Persei	3.9	7.1
7	σ »	4.6	2.9	61	α Urs. min.	2.2	3.9	115	41 Arietis	3.8	2.8
8	ι Ceti	3.6	6.3	62	μ Piscium	5.1	7.2	116	16 Persei	4.4	3.7
9	ρ Androm.	5.3	4.5	63	η »	4.1	5.5	117	17 »	4.8	7.3
10	28 »	5.3	3.7	64	υ Androm.	4.2	4.6	118	τ »	4.0	4.9
11	λ Cassiop.	4.8	2.0	65	ν Persei	3.7	6.0	119	21 »	5.2	2.4
12	κ »	4.2	3.8	66	τ Androm.	4.9	2.4	120	η Eridani	4.0	6.0
13	H 41 »	5.0	2.0	67	ν Piscium	4.7	6.9	121	π Persei	4.7	2.5
14	ζ »	3.7	2.3	68	107 »	5.3	6.1	122	24 »	5.0	6.3
15	π Androm.	4.4	2.3	69	φ Persei	4.2	2.8	123	ε Arietis	4.6	3.2
16	ε »	4.6	4.9	70	τ Ceti	3.6	5.4	124	λ Ceti	5.0	2.6
17	δ »	3.4	6.2	71	o (110) Pisc.	4.6	5.5	125	α »	2.9	6.6
18	α Cassiop.	var.	5.3	72	χ Ceti	4.8	4.2	126	γ Persei	3.1	4.7
19	32 Androm.	5.6	5.7	73	ζ »	3.8	6.5	127	k »	5.0	5.8
20	ξ Cassiop.	4.8	2.9	74	ε Cassiop.	3.6	2.6	128	ρ »	var.	6.7
21	π »	5.0	3.3	75	α Trianguli	3.6	4.1	129	H 124 Cass.	4.7	2.4
22	β Ceti	2.1	5.9	76	γ Arietis	4.2	2.8	130	β Persei	(2.3)	1.8
23	o (22) Cassiop.	4.6	3.3	77	ω Cassiop.	5.1	2.9	131	ι »	4.1	4.4
24	58 Piscium	5.7	5.9	78	ξ Piscium	4.9	6.0	132	κ »	4.0	5.8
25	ζ Androm.	4.4	5.8	79	β Arietis	2.8	2.6	133	ω »	4.7	5.4
26	η Cassiop.	3.6	4.5	80	λ »	4.9	3.5	134	δ Arietis	4.7	6.0
27	ν »	5.0	3.1	81	A (48) Cass.	4.6	4.0	135	H 63 Persei	5.2	6.7
28	δ Piscium	4.7	7.3	82	50 »	4.1	3.4	136	ζ Arietis	4.9	2.7
29	ν Androm.	4.4	2.3	83	g Persei	4.9	2.9	137	ζ Eridani	4.8	3.9
30	20 Ceti	5.0	6.8	84	α Piscium	4.1	3.1	138	H 1 Camel.	4.8	2.0
31	$υ^1$ (26) Cass.	5.1	6.0	85	ε Trianguli	5.4	2.4	139	29 Persei	5.3	2.5
32	γ Cassiop.	2.3	2.1	86	γ Androm.	2.1	5.6	140	31 »	5.0	2.5
33	$υ^2$ (28) Cass.	4.9	5.9	87	α Arietis	2.0	5.6	141	H 71 »	4.8	7.3
34	μ Androm.	3.9	3.0	88	β Trianguli	3.1	3.2	142	κ Ceti	5.2	5.3
35	η »	4.6	5.6	89	14 Arietis	5.1	4.3	143	H 72 Arietis	4.7	6.9
36	H 1 33 Ceph.	4.5	6.3	90	15 »	5.9	7.4	144	32 l Persei	4.8	2.6
37	σ Piscium	5.6	2.3	91	6 Trianguli	5.3	5.5	145	τ Arietis	5.2	2.5
38	ε »	4.7	5.7	92	η Arietis	5.4	4.4	146	63 »	5.2	6.9
39	$ψ^1$ »	5.0	2.0	93	$ξ^1$ Ceti	4.7	6.1	147	α Persei	1.9	3.5
40	μ Cassiop.	5.2	5.6	94	δ Trianguli	5.0	4.9	148	1 (o) Tauri	3.9	5.1
41	41 Androm.	5.3	3.7	95	γ »	4.2	2.6	149	H 3 Camel.	4.2	4.1
42	η Ceti	3.6	6.1	96	o Ceti	var.	6.7	150	ξ Tauri	4.0	2.1
43	φ Androm.	4.3	3.1	97	ι Cassiop.	4.6	4.0	151	H 4 Camel.	4.8	4.8
44	β »	2.2	6.1	98	ρ Ceti	4.9	3.0	152	34 Persei	4.8	2.0
45	θ Cassiop.	4.4	3.9	99	$ξ^2$ »	4.5	2.7	153	H 5 Camel.	5.0	2.0
46	g Piscium	5.1	4.1	100	15 Trianguli	5.6	7.0	154	σ Persei	4.4	6.7
47	χ »	4.9	5.9	101	ν Ceti	5.1	5.6	155	s Tauri	5.5	2.6
48	τ »	4.7	5.9	102	R Trianguli	var.	7.1	156	f »	4.5	5.5
49	φ »	4.6	5.8	103	δ Ceti	4.1	2.4	157	17 Eridani	4.8	2.3
50	ζ »	5.5	3.8	104	33 Arietis	5.4	2.6	158	ε »	3.7	5.9
51	f »	5.6	2.9	105	ε Ceti	5.0	5.4	159	ψ Persei	4.2	3.0
52	υ »	4.7	2.1	106	12 Persei	4.9	4.2	160	10 Tauri	4.4	4.2
53	91 l »	5.8	6.8	107	θ »	4.2	4.2	161	δ Persei	3.2	2.3
54	ξ Androm.	4.9	5.6	108	35 Arietis	4.7	2.0	162	40 (o) »	5.9	2.8

No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe
		m	c			m	c			m	c
163	38 (o) Persei	4.0	2.9	218	92 σ^2 Tauri	4.9	3.1	273	δ Orionis	2.4	2.1
164	ν »	4.0	3.8	219	τ »	4.4	2.2	274	36 υ »	4.7	2.3
165	δ Eridani	3.7	5.8	220	μ Eridani	4.3	2.8	275	φ^1 »	4.7	2.5
166	H 15 Camel.	5.3	2.5	221	H 156 Ceph.	5.3	6.9	276	λ »	3.7	2.6
167	17 Tauri	3.8	3.1	222	9 Camelop.	4.4	3.3	277	41 ϑ^1 »	4.4	3.4
168	19 q »	4.4	3.1	223	1 π^3 Orionis	3.5	3.9	278	43 ϑ^2 »	4.9	3.4
169	H 16 Camel.	4.6	2.6	224	2 π^2 »	4.7	3.0	279	42 c »	4.6	3.3
170	20 Tauri	4.0	3.1	225	2 Aurigae	5.0	7.1	280	ι »	3.0	3.1
171	H 18 Camel.	4.6	7.3	226	3 π^4 Orionis	4.0	2.4	281	45 »	5.0	4.4
172	23 Tauri	4.2	3.1	227	o^1 »	4.8	7.5	282	ε »	1.8	1.8
173	π Eridani	4.4	7.6	228	ω Eridani	4.2	4.5	283	φ^2 »	4.2	6.3
174	η Tauri	3.0	3.1	229	5 Orionis	5.5	8.4	284	ζ Tauri	3.0	1.6
175	e »	5.2	2.0	230	8 π^5 »	4.0	2.3	285	σ Orionis	3.7	2.6
176	27 »	3.8	3.1	231	7 Camelop.	4.5	2.7	286	ω »	4.8	3.1
177	n Persei	5.2	2.6	232	7 π^1 Orionis	4.9	3.3	287	d »	5.0	3.6
178	ζ »	3.1	3.0	233	ι Aurigae	2.7	6.3	288	126 Tauri	5.1	2.3
179	A »	5.5	4.7	234	o^2 Orionis	4.3	6.1	289	ζ Orionis	1.9	1.8
180	32 Eridani	4.8	5.5	235	10 π^6 »	4.6	7.3	290	τ Aurigae	4.6	5.1
181	ι Persei	3.0	2.0	236	10 Camelop.	4.2	5.3	291	ζ Leporis	3.7	3.7
182	ξ »	4.1	3.4	237	ε Aurigae	var.	4.3	292	κ Orionis	2.2	2.7
183	γ Eridani	3.0	6.9	238	ζ »	4.0	6.9	293	134 Tauri	5.1	2.5
184	λ Tauri	var.	2.4	239	ψ Eridani	4.7	2.8	294	υ Aurigae	5.2	6.8
185	ν »	4.3	3.2	240	ι Tauri	4.7	3.3	295	ν »	4.2	5.0
186	A 37 »	4.4	5.8	241	11 Orionis	5.1	2.4	296	ξ »	5.0	2.9
187	λ Persei	4.5	3.0	242	η Aurigae	3.3	1.6	297	χ^1 Orionis	4.6	5.1
188	48 c »	4.3	2.6	243	β Eridani	2.9	3.1	298	α »	(0.9)	6.5
189	28 o^1 Eridani	4.1	4.0	244	15 Orionis	5.2	4.1	299	δ Aurigae	3.8	5.4
190	μ Persei	4.2	5.9	245	λ Eridani	4.4	2.9	300	η Leporis	3.7	4.3
191	f »	4.9	6.3	246	H 67 Camel.	5.1	4.2	301	β Aurigae	2.1	1.9
192	47 Tauri	5.1	6.3	247	μ Aurigae	5.2	3.2	302	π »	4.5	7.2
193	H 34 Camel.	5.2	2.6	248	ι Leporis	4.7	2.6	303	θ »	2.7	1.8
194	A Eridani	4.9	7.1	249	ρ Orionis	4.7	6.7	304	μ Orionis	4.4	3.8
195	μ Tauri	4.6	2.8	250	μ Leporis	3.3	3.5	305	1 Geminor.	4.3	5.6
196	40 o^2 Eridani	4.5	6.0	251	κ »	4.6	2.8	306	χ^2 Orionis	4.8	4.7
197	b Persei	4.6	3.4	252	14 Aurigae	5.2	2.9	307	ν »	4.6	2.6
198	γ Tauri	4.0	5.2	253	α »	0.2	3.4	308	ξ »	4.6	2.6
199	d Persei	4.9	3.1	254	β Orionis	0.3	0.9	309	H 88 Cam.	4.7	2.5
200	δ^1 Tauri	4.2	5.6	255	16 Aurigae	5.0	6.7	310	η Geminor.	var.	6.9
201	64 δ^2 »	5.1	2.7	256	λ »	5.0	4.8	311	κ Aurigae	4.5	5.6
202	κ »	4.6	3.3	257	τ Orionis	3.6	3.3	312	5 Monocer.	4.0	6.9
203	68 δ^3 »	4.6	2.5	258	λ Leporis	4.3	2.8	313	2 Lyncis	4.3	2.1
204	υ »	4.6	3.7	259	22 o Orionis	4.6	2.9	314	H 1 Can. maj.	4.8	2.4
205	71 »	4.8	3.0	260	m »	5.2	2.6	315	μ Geminor.	3.2	6.6
206	π »	5.0	5.5	261	29 e »	4.3	6.6	316	β Can. maj.	2.0	2.0
207	ε »	3.9	5.5	262	η »	3.5	2.0	317	8 Monocer.	4.6	4.0
208	77 ϑ^1 »	4.0	5.7	263	p 27 »	5.2	7.0	318	ν Geminor.	4.0	2.9
209	78 ϑ^2 »	3.8	2.8	264	25 »	5.2	2.7	319	10 Monocer.	5.0	2.3
210	H 116 »	5.0	3.1	265	γ »	2.1	1.3	320	11 »	4.7	3.0
211	ρ »	4.9	3.6	266	β Tauri	1.9	1.1	321	H 26 »	5.4	2.9
212	58 e Persei	4.4	6.5	267	φ Aurigae	5.3	7.0	322	13 »	4.7	3.3
213	α Tauri	1.0	6.4	268	ψ Orionis	4.9	2.2	323	γ Geminor	2.3	1.8
214	d »	4.4	3.4	269	31 »	4.9	7.6	324	S Monocer.	var.	2.5
215	ν Eridani	4.1	2.8	270	A »	4.5	2.8	325	12 Lyncis	4.7	2.8
216	90 c Tauri	4.7	3.0	271	χ Aurigae	5.0	3.5	326	ε Geminor.	3.2	6.1
217	91 σ^1 »	5.3	3.1	272	119 Tauri	4.6	8.1	327	30 »	4.6	6.5

No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe
		m	c			m	c			m	c
328	ξ Geminor.	3.6	3.8	383	31 Monoc.	4.8	6.5	438	γ Leonis	2.2	5.3
329	42 Camel.	4.9	2.2	384	δ Cancri	4.1	5.6	439	μ Ursae	3.1	6.8
330	α Can. maj.	1.4	0.6	385	ι »	4.2	5.7	440	H 88 »	5.0	2.3
331	17 Monoc.	4.8	7.4	386	ε Hydrae	3.6	5.4	441	H 124 Camel.	5.3	3.1
332	11 Can. maj.	4.9	2.6	387	12 »	4.4	6.3	442	30 Leon. min.	5.1	3.5
333	18 Monoc.	4.7	6.2	388	ρ »	4.7	2.5	443	31 » »	4.4	5.5
334	43 Camel.	5.1	2.3	389	ζ »	3.3	5.4	444	36 Ursae	4.9	4.8
335	58 ψ^7 Aurigae	5.0	6.8	390	α^1 Cancri	5.6	7.3	445	29 Sextantis	5.2	2.0
336	H 97 Camel.	4.6	6.7	391	ι Ursae	3.2	3.3	446	30 »	5.4	2.0
337	θ Geminor.	3.7	2.8	392	α^2 Cancri	4.6	3.0	447	H 3 Draconis	5.1	6.4
338	15 Lyncis	4.5	5.6	393	64 σ^2 »	5.7	6.3	448	H 95 Ursae	5.1	3.3
339	38 e Geminor.	4.8	4.2	394	ρ Ursae	5.0	7.1	449	ρ Leonis	4.0	2.1
340	θ Can. maj.	4.2	6.8	395	10 »	4.2	4.2	450	37 Leon. min.	4.8	5.5
341	ψ^{10} Aurigae	4.7	2.4	396	κ »	3.7	2.7	451	38 Ursae	5.0	7.4
342	μ Can. maj.	5.2	7.2	397	σ^1 »	5.3	7.1	452	R »	var.	8.0
343	ι » »	4.5	3.0	398	H 28 »	4.7	6.2	453	H 105 »	5.3	4.0
344	ζ Geminor.	var.	4.9	399	σ^2 »	4.8	4.1	454	42 Leon. min.	5.4	2.0
345	γ Can. maj.	4.1	3.0	400	f »	4·4	4.1	455	46 » »	3.9	4.7
346	τ Geminor.	4.6	6.8	401	κ Cancri	5.5	2.7	456	ω Ursae	4.9	2.4
347	63 Aurigae	5.2	7.1	402	τ Ursae	4.8	4.1	457	54 Leonis	4.3	2.9
348	22 Monoc.	4.0	3.1	403	ξ Cancri	5.2	5.9	458	47 Ursae	5.2	5.4
349	λ Geminor	3.8	3.0	404	36 Lyncis	5.2	2.3	459	49 »	5.4	3.9
350	δ »	3.6	3.7	405	18 e Ursae	4.9	3.9	460	d Leonis	5.0	6.1
351	21 Lyncis	4.6	2.6	406	θ Hydrae	4.3	2.7	461	β Ursae	2.6	1.6
352	ι Geminor.	4.0	5.4	407	38 Lyncis	3.8	3.0	462	61 p^2 Leonis	5.0	7.4
353	ε Can. min.	5.0	5.8	408	40 »	3.4	6.6	463	60 b Leonis	4.5	2.9
354	β » »	3.2	2.1	409	κ Leonis	4.6	6.3	464	α Ursae	2.0	4.9
355	ρ Geminor.	4.2	3.6	410	α Hydrae	var.	6.0	465	χ Leonis	4.7	3.9
356	γ Can. maj.	4.3	7.4	411	H 2 Draconis	4.6	7.0	466	ψ Ursae	3.1	5.3
357	64 Geminor.	5.1	2.7	412	h Ursae	3.7	3.6	467	δ Leonis	2.8	2.8
358	b »	5.1	6.6	413	τ^1 Hydrae	4.9	4.4	468	θ »	3.6	2.6
359	6 Can. min.	4.8	6.6	414	d Ursae	4.6	5.1	469	72 »	4.9	6.8
360	α Geminor.	1.6	1.8	415	λ Leonis	4.4	7.1	470	φ »	4.5	3.6
361	υ »	4.2	6.6	416	θ Ursae	3.2	3.9	471	ξ Ursae	3.8	4.2
362	α Can. min.	0.8	2.9	417	τ^2 Hydrae	4.6	2.7	472	ν »	3.8	6.2
363	H 34 Lyncis	5.2	2.4	418	26 Ursae	4.6	2.6	473	55 »	4.8	2.8
364	26 Monoc.	4.2	6.4	419	10 Leon. min.	4.7	5.4	474	σ Leonis	4.4	2.9
365	σ Geminor.	4.1	6.3	420	2 Sextantis	4.9	6.8	475	ι »	4.3	4.2
366	κ »	3.6	4.7	421	ι Hydrae	4.2	6.7	476	τ »	5.4	5.6
367	β »	1.1	4.6	422	14 (o) Leonis	3.9	4.0	477	57 Ursae	5.2	2.2
368	φ »	4.9	2.5	423	ε »	3.1	4.3	478	87 e Leonis	5.0	7.1
369	H 36 Can. min.	4.6	6.9	424	R »	var.	8.0	479	λ Draconis	4.1	7.0
370	χ Geminor.	5.0	7.0	425	υ Ursae	4.0	3.9	480	υ Leonis	4.5	5.4
371	27 Lyncis	4.8	2.7	426	φ »	4.4	3.0	481	92 »	5.5	5.4
372	29 Monoc.	4.5	5.9	427	μ Leonis	4.1	5.8	482	ξ Virginis	5.1	2.8
373	ζ Cancri	4.8	4.9	428	8 Sextantis	5.3	2.7	483	ν »	4.2	6.7
374	β »	3.7	6.5	429	π Leonis	4.8	7.5	484	χ Ursae	3.9	5.6
375	31 Lyncis	4.4	7.4	430	21 Leon. min.	4.6	3.0	485	93 Leonis	4.6	4.4
376	30 Monoc.	3.9	2.7	431	η Leonis	3.8	2.3	486	β »	2.6	2.6
377	1 (o) Ursae	3.4	4.8	432	A »	4.5	7.0	487	β Virginis	3.9	4.2
378	4 π^2 »	4.8	6.2	433	15 Sextantis	4.7	2.4	488	γ Ursae	2.6	1.7
379	δ Hydrae	4.1	2.3	434	α Leonis	1.8	1.3	489	π Virginis	4.9	2.4
380	σ »	4.4	6.7	435	λ Hydrae	3.9	6.0	490	9 (o) »	4.3	5.2
381	γ Cancri	4.8	2.3	436	λ Ursae	3.6	2.3	491	ε Corvi	3.1	(7.2)
382	η Hydrae	4.6	1.6	437	ζ Leonis	3.6	3.2	492	H 16 Draconis	5.1	4.2

No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe
		m	c			m	c			m	c
493	δ Ursae	3.4	2.7	548	τ Bootis	4.7	3.9	603	5 Serpentis	5.2	4.9
494	γ Corvi	2.8	3.1	549	η Ursae	2.0	1.4	604	1 (o) Coronae	5.7	6.1
495	6 Comae	5.4	2.4	550	υ Bootis	4.1	6.2	605	11 Ursae min.	5.1	7.3
496	H 3 Canum	5.1	6.4	551	6 e »	5.0	6.4	606	S Coronae	var.	8.3
497	η Virginis	4.3	3.1	552	10 i Draconis	4.7	7.1	607	ι Librae	5.2	4.8
498	16 c »	5.0	6.9	553	η Bootis	3.1	4.0	608	η Coronae	5.0	4.3
499	11 Comae	4.9	5.3	554	9 »	5.1	6.6	609	μ Bootis	4.4	3.6
500	12 »	4.8	4.1	555	τ Virginis	4.5	3.4	610	γ Ursae min.	3.2	2.3
501	13 »	5.1	2.7	556	α Draconis	3.6	2.1	611	τ¹ Serpentis	5.1	7.4
502	14 »	5.1	2.9	557	d Bootis	4.8	3.9	612	ι Draconis	3.4	5.7
503	15 »	4.7	5.4	558	H 146 Virgin.	5.3	2.4	613	β Coronae	3.8	3.4
504	16 »	5.1	2.9	559	κ Virginis	4.3	6.8	614	52 ν¹ Bootis	5.1	7.0
505	δ Corvi	3.1	3.5	560	4 Ursae min.	4.9	7.0	615	53 ν² »	5.0	2.5
506	4 Draconis	5.3	7.6	561	κ Bootis	4.4	3.6	616	37 Librae	4.9	5.8
507	η Corvi	4.5	5.4	562	ι Virginis	4.2	4.5	617	ϑ Coronae	4.3	2.4
508	8 Canum	4.3	5.2	563	α Bootis	0.3	4.4	618	H 40 Librae	5.0	2.3
509	β Corvi	2.8	(5.9)	564	λ »	4.3	2.8	619	γ »	4.0	5.8
510	κ Draconis	3.8	2.1	565	ι »	4.8	3.6	620	δ Serpentis	4.1	3.7
511	23 Comae	4.9	2.8	566	λ Virginis	4.6	3.4	621	α Coronae	2.4	2.2
512	24 »	5.2	6.2	567	A Bootis	4.8	5.6	622	μ »	5.4	6.9
513	χ Virginis	4.7	6.2	568	υ Virginis	5.2	5.6	623	φ Bootis	5.4	5.3
514	γ »	2.8	4.0	569	20 Bootis	5.1	6.1	624	ϑ Ursae min.	5.3	7.4
515	ρ »	5.1	2.4	570	H 43 »	5.0	2.3	625	ζ Coronae	4.8	2.2
516	27 Comae	5.3	6.7	571	H 46 »	5.4	2.6	626	ι Serpentis	4.6	2.4
517	31 »	5.0	4.4	572	ϑ »	4.2	4.6	627	γ Coronae	4.2	2.7
518	35 »	5.1	5.6	573	φ Virginis	4.9	5.0	628	α Serpentis	2.9	5.5
519	ψ Virginis	5.0	7.0	574	ρ Bootis	3.6	5.5	629	π Coronae	5.6	6.6
520	ε Ursae	2.0	1.6	575	5 Ursae min.	4.3	6.5	630	β Serpentis	3.8	2.8
521	δ Virginis	3.6	6.4	576	γ Bootis	3.1	2.5	631	λ »	4.6	4.5
522	12 Canum	3.0	2.0	577	σ »	4.5	3.5	632	κ »	4.2	6.8
523	8 Draconis	5.3	3.8	578	π »	4.6	2.4	633	μ »	3.5	2.6
524	36 Comae	4.8	6.8	579	ζ »	4.0	2.8	634	R Coronae	var.	5.1
525	37 »	5.2	6.1	580	31 »	5.1	5.4	635	δ »	4.6	5.0
526	ε Virginis	3.1	4.8	581	μ Virginis	3.9	4.2	636	ε Serpentis	4.0	3.4
527	14 Canum	5.3	2.1	582	34 Bootis	(4.9)	6.6	637	36 b »	5.2	2.4
528	41 Comae	4.9	6.6	583	35 (o) »	4.9	5.7	638	ρ »	4.8	6.9
529	ϑ Virginis	4.4	2.7	584	ε »	2.6	4.7	639	κ Coronae	4.7	6.0
530	42 Comae	4.6	3.6	585	109 Virginis	4.1	2.8	640	ζ Ursae min.	4.5	2.3
531	53 Virginis	5.1	5.0	586	α Librae	3.0	3.3	641	χ Herculis	4.5	4.4
532	43 Comae	4.4	4.0	587	ξ Bootis	4.8	5.5	642	γ Serpentis	4.1	4.1
533	H 49 Canum	5.0	5.9	588	β Ursae min.	2.1	6.2	643	ε Coronae	4.1	5.9
534	σ Virginis	4.9	7.0	589	16 Librae	4.5	3.9	644	H 66 Draconis	5.0	3.7
535	20 Canum	4.7	3.5	590	δ »	var.	2.6	645	ι Coronae	5.1	2.4
536	21 »	5.2	2.4	591	H 18 Urs. min.	4.8	7.1	646	π Serpentis	5.0	2.6
537	α Virginis	1.2	1.5	592	110 Virginis	4.7	5.9	647	ξ Scorpii	4.1	5.0
538	ζ Ursae	2.4	1.8	593	ω Bootis	4.9	6.5	648	υ Herculis	4.7	2.4
539	g »	4.2	3.1	594	β »	3.6	4.7	649	X »	var.	8.9
540	70 Virginis	5.2	5.5	595	ψ »	4.5	6.0	650	ϑ Draconis	4.2	4.0
541	741 »	4.9	7.3	596	44 i »	4.9	5.3	651	κ Herculis	5.1	5.6
542	76 h »	5.5	6.6	597	45 c »	5.0	3.8	652	τ Coronae	5.2	5.8
543	78 (o) »	4.9	2.7	598	H 45 Draconis	5.2	5.9	653	φ Herculis	4.2	2.6
544	ζ »	3.6	3.3	599	3 Serpentis	5.4	6.4	654	δ Ophiuchi	2.8	6.6
545	24 Canum	4.8	3.4	600	χ Bootis	5.3	2.3	655	ε »	3.4	5.4
546	25 »	5.0	3.9	601	δ »	3.5	4.5	656	τ Herculis	3.9	2.5
547	H 4 Bootis	5.8	5.0	602	β Librae	2.7	2.4	657	σ Serpentis	5.0	9·3

No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe
		m	c			m	c			m	c
658	γ Herculis	4.0	3.6	713	μ Ophiuchi	4.7	3.4	768	110 Herculis	4.2	3.8
659	ξ Coronae	4.5	5.5	714	56 (o) Serp.	4.4	3.2	769	H 9 Scuti	4.4	6.3
660	20 ν »	5.1	7.1	715	ι Herculis	3.9	2.1	770	H 24 Lyrae	4.9	5.9
661	21 »	5.0	7.1	716	ω Draconis	4.9	4.4	771	R Scuti	var.	7.3
662	η Ursae min.	5.0	3.5	717	β Ophiuchi	3.1	5.4	772	111 Herculis	4.4	3.0
663	ω Herculis	4.8	3.0	718	μ Herculis	3.5	4.3	773	β Lyrae	var.	3.1
664	υ Ophiuchi	4.6	3.0	719	γ Ophiuchi	4.1	2.3	774	47 (o) Dracon.	4.6	6.4
665	η Draconis	2.8	4.9	720	ψ¹ Draconis	4.5	4.1	775	113 Herculis	4.6	5.2
666	α Scorpii	1.1	(8.3)	721	30 »	5.2	2.3	776	δ² Lyrae	4.5	6.6
667	g Herculis	var.	7.8	722	f Herculis	5.3	6.1	777	θ Serpentis	5.0	3.3
668	λ Ophiuchi	4.0	2.8	723	ξ Draconis	3.9	6.1	778	H 11 Scuti	5.1	6.1
669	β Herculis	2.8	5.3	724	θ Herculis	4.0	5.7	779	R Lyrae	var.	6.7
670	h »	4.9	7.0	725	ν Ophiuchi	3.5	5.1	780	11 Aquilae	5.4	4.4
671	A Draconis	5.0	2.4	726	ξ Herculis	3.9	5.3	781	ε »	4.3	5.7
672	σ Herculis	4.2	2.4	727	35 Draconis	5.1	4.5	782	γ Lyrae	3.3	2.8
673	ζ Ophiuchi	2.8	2.8	728	γ »	2.4	6.4	783	υ Draconis	4.8	6.4
674	16 Draconis	5.6	2.5	729	ν Herculis	4.6	3.8	784	λ Lyrae	5.1	6.9
675	17 »	5.2	2.4	730	ζ Serpentis	4.5	3.9	785	12 Aquilae	4.0	6.2
676	42 Herculis	5.2	7.1	731	66 Ophiuchi	4.9	2.6	786	ζ »	3.3	2.9
677	ζ »	3.1	4.3	732	67 »	4.2	3.5	787	λ »	3.6	2.9
678	η »	3.7	5.1	733	93 Herculis	4.7	6.1	788	18 »	5.3	2.2
679	g Draconis	5.0	6.1	734	68 Ophiuchi	4.6	3.3	789	ι Lyrae	5.2	1.5
680	43 i Herculis	5.1	7.1	735	95 Herculis	4.6	3.9	790	π Sagittarii	3.1	(4.5)
681	H 86 Draconis	4.9	4.0	736	τ Ophiuchi	4.9	4.3	791	η Lyrae	4.5	2.0
682	52 Herculis	5.0	2.7	737	96 Herculis	5.1	1.5	792	1 Vulpecul.	4.7	2.1
683	ι Ophiuchi	4.6	2.1	738	70 Ophiuchi	4.2	5.2	793	δ Draconis	3.2	5.2
684	κ »	3.4	6.3	739	71 »	4.8	5.9	794	θ Lyrae	4.3	6.3
685	h Draconis	4.7	3.8	740	72 »	4.0	2.9	795	κ Cygni	3.9	5.1
686	30 Ophiuchi	5.0	6.9	741	b Herculis	5.4	4.2	796	τ Draconis	4.5	6.2
687	ε Ursae min.	4.5	5.8	742	103 (o) »	4.0	2.3	797	π »	4.6	3.0
688	ε Herculis	4.0	2.7	743	102 »	4.5	2.0	798	δ Aquilae	3.7	4.0
689	d »	5.3	2.1	744	δ Ursae min.	4.3	2.5	799	4 Vulpecul.	5.3	6.1
690	60 »	5.0	2.6	745	101 Herculis	5.2	2.9	800	ν Aquilae	4.8	4.7
691	μ Draconis	5.2	4.5	746	A »	4.9	7.0	801	4 Cygni	5.1	1.8
692	η Ophiuchi	2.6	4.0	747	36 Draconis	5.0	4.3	802	6 Vulpecul.	4.7	6.9
693	H 100 Hercul.	5.1	5.9	748	74 Ophiuchi	4.8	5.6	803	e Aquilae	5.2	7.8
694	ζ Draconis	3.3	2.1	749	η Serpentis	3.4	5.7	804	β Cygni	3.0	5.8
695	α Herculis	var.	6.6	750	κ Lyrae	4.4	5.8	805	ι »	3.9	3.0
696	δ »	3.3	2.5	751	t Herculis	5.0	2.8	806	8 »	4.8	2.5
697	41 Ophiuchi	5.0	5.9	752	H 143 Dracon.	5.1	7.7	807	μ Aquilae	4.6	6.5
698	π Herculis	3.4	6.0	753	109 Herculis	3.9	5.6	808	κ »	4.9	2.6
699	u »	var.	1.7	754	μ Lyrae	4.9	2.6	809	ι »	4.3	2.9
700	e Ophiuchi	5.0	6.8	755	59 d Serpentis	(5.3)	4.8	810	θ Cygni	4.6	3.8
701	e Herculis	4.9	2.2	756	φ Draconis	4.2	2.2	811	σ Aquilae	5.3	2.2
702	ν Serpentis	4.4	3.9	757	b »	4.8	2.7	812	φ Cygni	4.9	5.4
703	w Herculis	5.4	4.5	758	χ »	3.7	4.7	813	α Sagittae	4.5	5.4
704	ρ »	4.1	2.0	759	H 5 Scuti	4.0	6.5	814	β »	4.6	5.9
705	H 52 Ophiuchi	4.6	4.3	760	d Draconis	4.8	4.8	815	γ Aquilae	3.1	6.4
706	σ »	4.4	6.7	761	α Lyrae	0.2	1.1	816	δ Cygni	3.0	2.6
707	λ Herculis	4.3	6.5	762	H 6 Scuti	4.8	4.0	817	17 »	5.0	4.3
708	β Draconis	3.0	5.0	763	H 7 »	5.1	6.6	818	δ Sagittae	3.9	6.6
709	ν »	4.9	2.8	764	4 Aquilae	5.1	2.7	819	ζ »	5.2	2.3
710	ν »	4.8	2.8	765	ε Lyrae	4.6	2.9	820	α Aquilae	1.2	2.5
711	α Ophiuchi	2.5	2.5	766	5 »	4.6	2.9	821	χ Cygni	var.	7.2
712	ξ Serpentis	3.7	4.5	767	ζ »	4.3	3.6	822	η Aquilae	var.	5.1

No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe
		m	c			m	c			m	c
823	d Cygni	5.0	6.7	878	μ Aquarii	4.8	4.5	933	H 5 Lacertae	4.6	6.6
824	ε Draconis	3.9	5.1	879	31 Vulpecul.	4.7	5.6	934	ε Cephei	4.2	3.5
825	13 Vulpecul.	4.7	2.8	880	32 »	5.1	7.2	935	θ Aquarii	4.3	5.5
826	ξ Aquilae	4.9	5.7	881	7 Aquarii	5.7	7.6	936	1 Lacertae	4.1	6.2
827	β »	3.9	4.9	882	ν Cygni	4.1	2.8	937	γ Aquarii	4.1	2.8
828	η Cygni	4.0	5.4	883	1 Equulei	5.3	4.6	938	31 Pegasi	5.2	2.4
829	ψ »	4.8	2.5	884	ξ Cygni	3.7	6.6	939	32 »	4.9	3.0
830	γ Sagittae	3.8	6.6	885	61 »	5.3	6.7	940	2 Lacertae	4.8	2.2
831	15 Vulpecul.	4.9	3.3	886	ν Aquarii	4.6	6.0	941	3 »	4.5	5.8
832	26 e Cygni	5.2	6.2	887	γ Equulei	4.7	3.3	942	π Aquarii	4.6	3.3
833	τ Aquilae	5.9	6.8	888	ζ Cygni	3.5	5.0	943	4 Lacertae	4.6	3.2
834	η Sagittae	5.0	6.3	889	δ Equulei	4.7	4.6	944	ζ Aquarii	3.8	4.5
835	ρ Draconis	4.6	6.8	890	α »	4.1	4.4	945	σ »	4.8	3.1
836	θ Aquilae	3.4	2.9	891	τ Cygni	3.9	3.9	946	5 Lacertae	4.6	7.3
837	ρ »	5.1	2.9	892	σ »	4.3	3.5	947	δ Cephei	var.	4.7
838	o^1 30 Cygni	4.9	2.0	893	υ »	4.4	2.7	948	6 Lacertae	4.6	2.7
839	o^1 31 »	3.8	6.7	894	A »	5.0	2.6	949	7 »	3.9	3.2
840	b^3 »	5.0	2.8	895	α Cephei	2.6	3.0	950	η Aquarii	4.2	2.9
841	H 35 Vulpec.	4.8	2.0	896	1 Pegasi	4.3	6.1	951	9 Lacertae	4.8	3.5
842	33 Cygni	4.4	3.6	897	β Equulei	5.4	2.8	952	10 »	5.0	2.0
843	23 Vulpecul.	4.8	7.0	898	70 Cygni	5.1	1.7	953	11 »	4.7	6.9
844	α^1 Capric.	4.5	5.6	899	2 Pegasi	4.8	7.4	954	ζ Pegasi	3.7	2.8
845	κ Cephei	4.4	2.5	900	g Cygni	5.3	5.7	955	43 (o) »	4.9	2.9
846	32 (o^3) Cygni	4.1	6.9	901	β Aquarii	3.2	4.8	956	η »	3.1	5.1
847	α^2 Capric.	3.8	5.4	902	β Cephei	3.4	2.3	957	ξ »	4.4	4.7
848	P Cygni	4.9	4.6	903	ρ Cygni	4.2	5.1	958	λ »	4.2	5.3
849	β Capric.	3.4	5.5	904	W »	var.	7.8	959	τ Aquarii	4.1	7.2
850	γ Cygni	2.3	4.1	905	ξ Aquarii	4.8	3.4	960	μ Pegasi	3.7	5.3
851	39 »	4.6	6.7	906	74 Cygni	5.1	2.8	961	ι Cephei	3.6	5.2
852	69 Aquilae	5.2	6.4	907	γ Capric.	3.8	3.9	962	σ Pegasi	5.2	5.0
853	41 Cygni	4.1	4.0	908	π^1 Cygni	4.9	2.4	963	λ Aquarii	3.8	7.0
854	ω^1 »	5.0	1.7	909	ε Pegasi	2.8	6.3	964	H 102 Cephei	4.8	6.6
855	θ Cephei	4.3	3.3	910	46 c Capric.	5.2	6.7	965	δ Aquarii	3.4	3.3
856	ω^2 Cygni	5.6	7.8	911	μ Cygni	4.4	4.1	966	ρ Pegasi	5.1	3.1
857	ε Delphini	4.4	2.9	912	9 Pegasi	4.4	5.9	967	1 (o) Androm.	3.8	2.5
858	ζ »	4.8	3.3	913	κ »	4.2	4.1	968	2 »	5.1	2.7
859	70 Aquilae	5.3	7.3	914	μ Cephei	var.	8.0	969	β Piscium	4.7	2.6
860	β Delphini	4.0	4.1	915	11 »	4.8	5.9	970	β Pegasi	var.	6.5
861	71 Aquilae	4.4	5.0	916	δ Capric.	3.0	3.9	971	3 Androm.	4.9	6.0
862	29 Vulpecul.	4.8	2.3	917	ν Cephei	4.5	4.3	972	α Pegasi	3.2	1.8
863	1 Aquarii	5.4	6.2	918	π^2 Cygni	4.4	2.4	973	55 »	4.6	6.9
864	κ Delphini	5.2	5.0	919	14 Pegasi	5.0	2.6	974	56 »	4.9	6.7
865	α »	4.1	3.2	920	μ Capric.	5.2	4.9	975	1 Cassiop.	5.0	2.8
866	α Cygni	1.5	2.3	921	16 Pegasi	5.0	1.9	976	57 Pegasi	5.0	7.2
867	δ Delphini	4.6	4.3	922	31 (o) Aquarii	4.7	2.4	977	π Cephei	4.5	5.4
868	52 Cygni	4.3	5.8	923	ν Pegasi	5.1	7.4	978	58 Pegasi	5.5	2.4
869	γ Delphini	4.2	5.4	924	α Aquarii	3.2	4.9	979	59 »	5.4	2.9
870	ε Aquarii	3.8	3.1	925	ξ Cephei	4.4	4.0	980	7 Androm.	4.7	3.8
871	ε Cygni	2.7	5.6	926	ι Aquarii	4.3	3.3	981	φ Aquarii	4.2	6.9
872	3 Aquarii	4.6	7.2	927	ι Pegasi	4.0	3.7	982	ψ^1 »	4.5	6.3
873	H 11 Cephei	4.6	5.0	928	27 »	5.7	5.4	983	χ »	5.2	7.0
874	T Cygni	var.	6.5	929	θ »	4.1	2.6	984	γ Piscium	4.1	5.7
875	η Cephei	3.6	5.3	930	π »	4.4	4.2	985	ψ^2 Aquarii	4.5	2.2
876	λ Cygni	4.6	2.8	931	ζ Cephei	3.5	6.1	986	8 Androm.	4.9	6.9
877	5 Aquarii	5.5	2.3	932	24 »	5.0	5.5	987	ψ^3 Aquarii	5.1	2.0

No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe	No.	Name	Sch. Gr.	Farbe
		m	c			m	c			m	c
988	τ Pegasi	4.7	3.1	996	ω^1 Aquarii	5.2	4.0	1004	ε Cassiop.	5.2	6.3
989	υ »	4.6	4.8	997	ι Piscium	4.3	3.9	1005	ϱ »	4.6	7.1
990	ϰ Piscium	5.2	3.1	998	γ Cephei	3.4	5.2	1006	ψ Pegasi	4.6	7.4
991	ϑ »	4.5	5.5	999	ϰ Androm.	4.4	3.0	1007	σ Cassiop.	5.0	2.9
992	70 Pegasi	4.7	5.4	1000	λ Piscium	4.8	3.4	1008	ω Piscium	4.3	4.3
993	H 9 Cassiop.	4.8	2.7	1001	ω^2 Aquarii	4.7	3.0	1009	30 »	4.6	7.2
994	λ Androm.	4.0	5.8	1002	78 Pegasi	4.9	6.2				
995	ι »	4.3	2.9	1003	19 Piscium	5.2	8.8				

Burnham's Doppelstern-Entdeckungen und -Messungen. Als 1. Band der Veröffentlichungen der Yerkes-Sternwarte ist ein von Burnham verfasster Generalkatalog aller von ihm in den Jahren 1871—1899 entdeckten Doppelsterne erschienen.[1]) Der Katalog umfasst, nach Rektaszension geordnet 1290 Doppelsterne.

Über die bei diesen Arbeiten benutzten Instrumente bemerkt Prof. Burnham selbst folgendes. Der 6-zollige Refraktor war einfach ganz vollkommen. Mehrere von den 451 mit ihm entdeckten Doppelsternen sind selbst für die grössten heutigen Teleskope keine leicht messbaren Objekte. Er ist heute Eigentum der Washburn-Sternwarte der Universität von Wisconsin. Der 9.4-zollige Refraktor des Dartmouth-College-Observatorium wurde im Sommer 1874 während einiger zehn Nächte von Burnham benutzt und lieferte 24 Doppelstern-Entdeckungen. Der 12-Zoller der Lick-Sternwarte lieferte 56 neue Doppelsterne, darunter einige der schwierigsten Paare, wie δ Orionis, 2 Andromedae.

Der 15.5-zollige Refraktor der Washburn-Sternwarte, den Burnham 1881 vier oder fünf Monate benutzte, wird von ihm als ein in allen Beziehungen höchst ausgezeichnetes Instrument bezeichnet. Er entdeckte mit ihm 87 neue Doppelsterne.

Mit dem 16-Zoller des Warner Observatoriums hat Burnham gelegentlich zwei neue Doppelsterne aufgefunden. Das Instrument steht jetzt im Lowe-Observatorium in Südcalifornien und wird von Dr. Lewis Swift hauptsächlich zu Nebelfleck-Beobachtungen verwendet.

Der 18.5-zollige Refraktor des Dearborn-Observatoriums zu Chicago lieferte Burnham 413 neue Doppelsterne. Das Instrument war seiner Zeit der grösste Refraktor der Erde und obgleich eins der frühesten grossen Instrumente Clark's doch so vollkommen wie die spätern.

Der 26-zollige Refraktor zu Washington konnte von Burnham nur in einer Nacht 1874 benutzt werden und lieferte in dieser vierzehn neue Doppelsterne.

Der 36-Zoller der Lick-Sternwarte hat 198 neue Doppelsterne geliefert. Die meisten derselben sind überaus schwierig und zeigen, wie Burnham sagt, »die ungeheure Überlegenheit dieses Instrumentes über alle andern; auch giebt es wahrscheinlich keinen andern Ort

---

[1]) Publications of the Yerkes-Observatory. Vol. 1. 1900. A General Catalogue of 1290 Double Stars. Discovered by S. W. Burnham. Chicago 1900.

in der Welt, woselbst sich ein Observatorium befindet, der sich mit Mount Hamilton vorteilhaft messen könnte.«

Mit dem 40-Zoller der Yerkes-Sternwarte hat Burnham bis jetzt acht neue Doppelsterne gefunden und zahlreiche frühere Objekte wieder gemessen. Er bemerkt, dass die Zahl der Messungen in gegebener Zeit an einem so grossen Instrumente weit geringer ist als an einem andern von ihm früher benutzten Refraktor. »Wenn,« sagt er, »der 40-Zoller mit der Hand bewegt wird, wie es geschehen muss, um jedes beliebige Objekt in das Gesichtsfeld zu bringen, so ist erforderlich, eine Masse von etwa 20 Tons zu bewegen.« Eine grosse Zahl der von Burnham mit dem 6-Zoller entdeckten Doppelsterne ist auch von Dembowski gemessen worden, mit dem Burnham vom Beginne seiner Doppelstern-Beobachtungen bis zum Tode desselben (1881) in ununterbrochener Korrespondenz war, und dem er alle Entdeckungen neuer Doppelsterne vor deren Publikation schon mitteilte. Burnham bezeichnet ihn als einen Beobachter mit dem Mikrometer, »der niemand über sich hatte und wenige, wenn überhaupt, seinesgleichen.« Burnham's Mikrometermessungen begannen mit dem Gebrauche des $18^1/_2$-zolligen Refraktors zu Chicago und wurden besonders seit der letzten Hälfte des Jahres 1888 bei seiner Anwesenheit auf der Lick-Sternwarte, etwa vier Jahre lang, fast ausschliesslich betrieben. Wäre lediglich die Entdeckung neuer Doppelsterne in dieser Periode seiner Thätigkeit Burnham's Ziel gewesen, so würde er, nach seiner Angabe, mindestens noch einige hundert Doppelsterne mehr entdeckt haben; indessen hielt er es mit Recht für richtiger, jede neue Entdeckung eines Doppelsternes mit sorgfältigen Messungen zu unterstützen, da die meisten dieser Objekte für andere Instrumente zu schwierig sind.

Was die Zahl der heute überhaupt bekannten Doppelsterne anbetrifft, so wird sie auf mehr als 10000 angegeben, doch ist diese Ziffer nach Burnham viel zu gross, besonders deshalb, weil in J. Herschel's Doppelsternkatalog eine beträchtliche Menge ziemlich entfernt stehender Sternpaare als Doppelsterne aufgeführt werden, von denen es recht zweifelhaft ist, ob sie in physischem Konnex stehen. Nach diesem Prinzip könnte man, wie Burnham sagt, hunderttausend Sternpaare aufzählen, selbst an einem mässig grossen Fernrohre. Die grössere Mehrzahl der eigentlichen Doppelsterne hat mässige Entfernungen voneinander, im Mittel etwa 2″, und bei allen mit kurzen Umlaufsperioden sind die Distanzen noch viel geringer. Unterscheidet man zwei Klassen, nämlich I. Doppelsterne mit Distanzen zwischen 0″ und 1″ und II. solche mit Distanzen von 1″—2″, so hat man nach Burnham jetzt folgende Statistik:

	I. Klasse	II. Klasse	Total	Verhältnis
Burnham, Katalog von 1260 Sternen	385	305	670	550 : 1000
O. Struve, » » 547 »	154	63	217	400 : 1000
Struve, » » 2640 »	91	314	405	150 : 1000
Herschel I, » » 812 »	12	24	36	45 : 1000
Herschel II, » » 3429 »	2	20	22	7 : 1000

Es ergiebt sich hieraus, dass vor 1870 alle Kataloge von Doppelsternen, die zusammen nicht weniger als 7400 Objekte enthalten, weniger als 700 Paare aufweisen, die unter 2″ Distanz haben, und dass innerhalb der letzten 20 Jahre nicht weniger als 60% aller Doppelsterne von unter 1″ Distanz erst aufgefunden sind. Burnham glaubt, dass auf der Himmelssphäre vom Nordpol bis —30° südl. Deklination nur 4000 oder 5500 Sternpaare bekannt sind, die man wirklich als Doppelsterne bezeichnen kann, und dass von diesen viele nur wenig Interesse als physische Systeme darbieten. In den letzten Jahren sind von amerikanischen Beobachtern manche neue, interessante Doppelsterne entdeckt worden, so von Hough am $18^1/_2$-Zoller der Dearborn-Sternwarte und von J. J. See am Lowell-Observatorium.

Wie bei Entdeckungen auf diesem Gebiete erwartet werden durfte, hat Burnham bei einer Anzahl von Doppelsternen, die von den beiden Herschel und den Struves schon entdeckt waren, noch lichtschwache Begleiter gefunden oder den Hauptstern oder Nebenstern nochmals in zwei Sterne zerlegt. Sein Katalog enthält 133 Objekte dieser Klasse oder über $^1/_{10}$ aller neu entdeckten Paare.

Die interessantesten Doppelsterne zeigen sehr geringe Abstände ihrer beiden Komponenten und rasche Bewegungen umeinander, so dass der grösste Teil der innerhalb 25 Jahren von Burnham gemessenen Paare solche erkennen lassen. Unter ihnen kommen die kürzesten bekannten Umlaufszeiten bei Doppelsternen vor, besonders unter den am 36-Zoller entdeckten. Von acht derselben sind bereits vorläufige Bahnen berechnet worden. Eine Anzahl von 18 Doppelsternen hat sich in den Beobachtungen Burnham's als doppelte Doppelsterne enthüllt, indem nämlich jede der beiden Komponenten sich als äusserst enger Doppelstern zeigte.

In dem in Rede stehenden Generalkataloge der von ihm entdeckten Doppelsterne hat Burnham nicht nur die eigenen Messungen derselben mitgeteilt, sondern alle ihm bekannt gewordenen (und meist anderwärts noch nicht publizierten) Messungen anderer an geeignet grossen Instrumenten beobachtender Astronomen; auch fügt er, so weit thunlich, die Eigenbewegungen der Sterne, besonders nach den Untersuchungen von Auwers hinzu. Der Druck des Generalkataloges erfolgte auf Kosten der freigebigen Freundin der astronomischen Beobachtungen, Miss Catharine W. Bruce in New-York, die leider vor kurzem gestorben ist.

Bei ungefähr dem vierten Teile aller von Burnham entdeckten Doppelsterne ist der Hauptstern so hell, dass er dem blossen Auge sichtbar ist. Burnham giebt darüber die folgende alphabetisch nach den Namen der Sternbilder geordnete Zusammenstellung, wobei unter β die Nummer des Burnham'schen Generalkataloges zu verstehen ist.

β	Stern
	Andromeda
1095	28 Andromedae
491	δ Andromedae
999	ω Andromedae
1147	2 Andromedae
717	8 Andromedae
388	W^2 XXII. 590
995	Groombridge 4139
	Aquarius
1034	7 Aquarii
73	β Aquarii
1212	24 Aquarii
172	51 Aquarii
178	Aquarii 252
1220	ψ^1 Aquarii
279	ω^2 Aquarii
	Aquila
287	ζ Aquilae
653	μ Aquilae
672	71 Aquilae
	Argo
755	Argus 34
757	Argus 101
578	Lalande 14545
1061	κ Argus
1063	ξ Argus
101	9 Argus
1064	19 Argus
208	Lalande 17103
	Aries
522	μ Arietis
306	Arietis 307
878	66 Arietis
	Auriga
554	ι Aurigae
1046	9 Aurigae
888	σ Aurigae
1240	26 Aurigae
192	τ Aurigae
893	B.A.C. 1935
901	65 Aurigae
	Bootes
1111	B.A.C. 4766
616	γ Bootis
1086	47 Bootis
	Caelum
750	γ Caeli
	Cameleopardalis
1043	3 Camelopardali
1187	5 Camelopardali
	Cancer
1065	β Cancri

β	Stern
	Canes Venatici
925	Groombridge 1938
930	B.A.C. 4389
608	17 Caues Ven.
	Canis Major
753	λ Canis Majoris
328	Canis Majoris 139
329	Canis Majoris 146
	Canis Minor
21	η Canis Minoris
	Capricornus
294	3 Capricorni
295	α^1 Capricorni
60	κ Capricorni
61	ρ Capricorni
668	B.A.C. 7080
	Cassiopeia
1094	Lalande 655
231	ο Cassiopeiae
492	B.A.C. 201
497	B.A.C. 239
1098	υ^1 Cassiopeiae
1028	γ Cassiopeiae
1099	B.A.C. 255
396	B.A.C. 282
1101	ψ Cassiopeiae
1103	44 Cassiopeiae
513	48 Cassiopeiae
785	49 Cassiopeiae
278	B.A.C. 8138
	Centaurus
343	Centauri 219
1112	Lacaille 5893
414	Centauri 315
347	Centauri 330
	Cepheus
1176	48 Cephei (H)
1134	D.M. (63°) 1618
1143	P XXI. 248
690	μ Cephei
697	19 Cephei
702	δ Cephei
	Cetus
486	Ceti 33
490	13 Ceti
395	Ceti 82
1160	B.A.C. 230
734	Ceti 132
505	θ Ceti
1163	Ceti 199
399	Ceti 211
7	58 Ceti
518	Ceti 389
84	W^1 III. 147

β	Stern
	Coma Berenices
1080	17 Comae
1081	37 Comae
112	P XXII. 243
1083	P XXII. 268
	Corona
1087	τ Coronae
	Corvus
1079	Lalande 22586
920	Corvi 17
605	Corvi 26
1245	ζ Corvi
28	B.A.C. 4213
	Crater
220	Crateris 22
600	Crateris 36
1078	Crateris 79
	Cygnus
1131	θ Cygni
980	η Cygni
660	B.A.C. 6963
661	Cygni 166
665	γ Cygni
669	ω^2 Cygni
675	51 Cygni
676	ε Cygni
677	T Cygni
1137	B.A.C. 7278
	Delphinus
63	1 Delphini
151	β Delphini
298	α Delphini
65	13 Delphini
	Draco
794	O. Arg. N. 12149
799	R 2963
946	B.A.C. 5248
1088	μ Draconis
1090	β Draconis
962	26 Draconis
633	γ Draconis
971	Draconis 205
1255	B.A.C. 6476
	Equuleus
71	γ Equulei
	Eridanus
11	ρ^2 Eridani
400	Eridani 103
531	Lalande 6275
744	Eridani 299
311	Eridani 315
881	46 Eridani
88	51 Eridani

β	Stern
	Fornax
877	γ Fornacis
	Gemini
1241	3 Geminorum
1058	4 Geminorum
1008	η Geminorum
1059	μ Geminorum
1192	ν Geminorum
571	W^1 VI. 956
1193	36 Geminorum
1009	τ Geminorum
1194	65 Geminorum
200	70 Geminorum
580	β Geminorum
1062	82 Geminorum
	Grus
768	Lacaille 8964
771	σ^2 Gruis
773	υ Gruis
	Hercules
1198	τ Herculis
625	ω Herculis
816	31 Herculis
818	32 Herculis
627	52 Herculis
954	54 Herculis
130	90 Herculis
646	113 Herculis
	Hydra
587	15 Hydrae
588	Hydrae 96
590	29 Hydrae
593	λ Hydrae
1269	44 Hydrae
411	Lacaille 4360
1075	φ^2 Hydrae
341	Hydrae 348
1246	B.A.C. 4740
940	52 Hydrae
239	59 Hydrae
	Lacerta
694	Lacertae 4
703	α Lacertae
451	15 Lacertae
382	B.A.C. 7983
	Leo
105	κ Leonis
1076	55 Leonis
598	59 Leonis
599	65 Leonis
1282	δ Leonis
604	β Leonis

β	Stern
	Leo Minor
913	40 Leonis Minoris
	Lepus
314	Leporis 3
320	β Leporis
321	Leporis 45
94	Leporis 61
	Libra
106	μ Librae
1085	Piazzi XIV. 229
618	ι^1 Librae
	Lynx
758	Lyncis 51
	Lyra
1253	Lyrae 28
968	ζ Lyrae
293	β Lyrae
648	B.A.C. 6480
	Microscopium
766	a Microscopii
767	Lacaille 8809
	Monoceros
16	3 Monocerotis
17	4 Monocerotis
566	Monocerotis 21
567	Monocerotis 23
570	11 Monocerotis
897	Monocerotis 97
1268	24 Monocerotis
332	P VII. 116
	Ophiuchus
626	Φ Ophiuchi
1117	24 Ophiuchi
1118	η Ophiuchi
282	S. D. (14°) 4585
126	B.A.C. 5839
1251	B.A.C. 5991
1124	67 Ophiuchi
1125	68 Ophiuchi
637	W' XVIII. 28
	Orion
553	o^2 Orionis
555	β Orionis
188	τ Orionis
558	δ Orionis
1048	Lalande 10437
1032	σ Orionis
1056	μ Orionis
96	75 Orionis

β	Stern
	Pegasus
685	2 Pegasi
989	ϰ Pegasi
290	34 Pegasi
1144	η Pegasi
718	64 Pegasi
720	72 Pegasi
733	85 Pegasi
	Perseus
874	5 Persei
1170	χ Persei
875	9 Persei
521	Persei 67
524	20 Persei
526	β Persei
1179	34 Persei
535	38 Persei
1183	B.A.C. 1142
	Pisces
302	Piazzi O. 245
303	Piscium 201
1029	ζ Piscium
1164	95 Piscium
506	η Piscium
5	103 Piscium
730	27 Piscium
	Piscis Australis
276	η Piscis Australis
772	δ Piscis Australis
	Sagitta
57	Lalande 38415
	Sagittarius
283	B.A.C. 6088
245	Sagittarii 46
292	μ Sagittarii
286	16 Sagittarii
760	η Sagittarii
1033	ν^1 Sagittarii
654	52 Sagittarii
1288	55 Sagittarii
763	$\varkappa^2$ Sagittarii
	Scorpio
36	2 Scorpii
622	π Scorpii
947	β Scorpii
39	11 Scorpii
120	ν Scorpii
1116	B.A.C. 5600
416	Scorpii 185

β	Stern	β	Stern
	Sculptor		Ursa Major
391	κ¹ Sculptoris	1067	ε Ursae Majoris
1013	δ Sculptoris	1071	θ Ursae Majoris
		1077	α Ursae Majoris
		918	Lalande 22496
	Serpens	919	W² XI. 1013
348	2 Serpentis	1082	78 Ursae Majoris
32	6 Serpentis		Virgo
619	Serpentis 55	923	Virginis 168
		924	31 Virginis
		929	48 Virginis
	Taurus	932	Virginis 550
544	36 Tauri	612	B.A.C. 4559
547	47 Tauri	935	86 Virginis
87	Piazzi IV. 53	225	Lalande 26320
1186	Tauri 248		Vulpecula
550	α Tauri	248	2 Vulpeculae
551	96 Tauri	1130	9 Vulpeculae
1045	99 Tauri	983	B.A.C. 6966
1007	126 Tauri	447	Vulpeculae 129
1054	136 Tauri	767	Lacaille 8809

Unter den Burnham'schen Doppelsternen findet sich eine Anzahl doppelter Doppelsterne, nach Analogie von ε und σ Lyrae. Burnham giebt folgendes Verzeichnis derselben und der Distanzen der paarweisen Komponenten.

β	AB	CD	A und C	β	AB	CD	A und C
973	1.7"	3.7"	11.1"	120	0.7"	1.8"	41.1"
368	0.6	5.1	12.2	886	17.6	0.8	48.5
1210	2.5	4.3	14.0	366	1.2	1.4	50.7
639	0.1	8.1	17.3	285	1.6	2.0	60.1
935	1.6	2.0	27.1	876	1.2	6.2	70.7
836	0.8	1.3	27.4	806	0.7	1.2	72.0
1101	2.9	2.9	27.4	321	0.8	1.4	89.3
141	0.8	4.9	28.7	898	3.0	1.8	97.2
1049	0.6	1.6	29.2	1202	0.6	3.9	103.8

Neue spektroskopische Doppelsterne. Prof. Campbell berichtet[1]) über seine Untersuchung von sechs auf der Lick-Sternwarte aufgenommenen Photographien des Spektrums von α Aurigae, woraus sich ergiebt, dass dieser Stern ein spektroskopischer Doppelstern ist. Das Spektrum ist ein zusammengesetztes, indem das Spektrum des Hauptsternes von dem Spektrum des im Fernrohre nicht trennbaren Begleiters überlagert wird. Diejenige von beiden Komponenten, deren Spektrum vom nämlichen Typus ist wie das Sonnenspektrum, zeigte durch die Verschiebung ihrer Linien folgende Eigenbewegungen gegen das Sonnensystem pro Sekunde:

[1]) Astrophysikal Journal 10. No. 3. p. 177.

1896	August	31.	+ 34 km
	Sept.	16.	+ 54 »
	Okt.	3.	+ 49 »
	»	5.	+ 44 »
	Nov.	12.	+ 4 »
1897	Febr.	24.	+ 3 »

Auf der ersten Photographie erscheint das Spektrum merklich übereinstimmend mit dem normalen Sonnenspektrum, auf den andern zeigt es unverkennbare Verschiedenheiten davon. Man erkennt das Vorhandensein des Spektrums eines Begleiters, in welchem die Linie Hγ erscheint, sowie hervorragende Eisenlinien. Auf den Platten vom 16. September, 3. und 5. Oktober sind diese Linien im Vergleiche zum normalen Sonnenspektrum gegen violett verschoben, auf den Platten vom 12. November und 24. Februar erscheinen sie dagegen verschoben gegen Rot hin.

Prof. Campbell teilt ferner die auf der Lick-Sternwarte entdeckten veränderlichen Geschwindigkeiten in der Gesichtslinie zur Erde von noch mehrern Sternen mit. Es sind folgende:

ε Librae. Die Geschwindigkeit variierte zwischen + 12.2 und — 11.2 *km*, und die Periode scheint drei Monate zu überschreiten.

h Draconis. Die gemessenen Geschwindigkeiten schwanken zwischen — 36 und — 16 *km*, die Periode ist noch unbestimmt.

λ Andromedae. Die Geschwindigkeiten wechseln zwischen — 2 und + 16 *km*, und die Periode scheint 19.2 Tage zu umfassen.

ε ursae. Die Geschwindigkeiten, welche bestimmt wurden, liegen zwischen + 9 und — 40 *km*, die Periode ist noch unbekannt.

ω Draconis. Die Geschwindigkeit der Bewegung dieses Sternes in der Gesichtslinie zur Erde ändert sich sehr schnell und variiert zwischen + 18 und — 53 *km*.

Verglichen mit der Gesamtzahl der Fixsterne, von denen mittels des Mills'schen Spektographen Aufnahmen erhalten wurden, scheinen die neun oder zehn spektroskopischen Doppelsterne, die auf der Lick-Sternwarte entdeckt wurden, anzuzeigen, dass die Zahl dieser Doppelsterne reichlich im Verhältnisse eben so gross sein mag, wie diejenige der am Fernrohre sichtbaren Doppelsterne. Weitere Beobachtungen behufs Bahnbestimmung dieser spektroskopischen Doppelsterne sind im Gange.

Von ganz besonderem Interesse sind die photographischen Aufnahmen des Spektrums des Polarsternes. In der zweiten Hälfte des Jahres 1896 waren sechs Spektrogramme desselben erhalten worden, welche für die Geschwindigkeit dieses Sternes in der Richtung zur Erde Werte ergaben, die zwischen — 18.9 und — 20.3 *km* lagen und demnach so gut übereinstimmten, dass keine Vermutung, diese Geschwindigkeit könne veränderlich sein, aufkam. Um den Millsschen Spektrographen zu prüfen, wurde am 8. August 1899 auch eine Aufnahme des Spektrums des Polarsternes gemacht. Sie ergab eine Geschwindigkeit von — 13.1 *km* und damit die Vermutung, dass auch der Polarstern eine veränderliche Geschwindigkeit besitze, d. h.

ein spektroskopischer Doppelstern sein könne. Neue und zahlreiche Aufnahmen während der folgenden Tage bis zum Ende des Monates August bestätigten die Vermutung völlig. Die Geschwindigkeit des Polarsternes in der Richtung zur Erde hin varriiert zwischen — 8.6 und 14.6 *km* innerhalb einer Periode von drei Tagen 23 Stunden. Die Geschwindigkeit des Doppelsystemes scheint 12 *km* zu sein.

Diese Thatsachen sind als feststehend zu betrachten, aber sie liegen gänzlich ausserhalb der Geschwindigkeitsbestimmungen von 1896. Prof. Campbell ist der Überzeugung, dass beide Reihen von Messungen nur zu vereinigen sind unter der Annahme, der Polarstern und sein nächster spektroskopischer Begleiter unterlägen der Einwirkung noch einer andern Kraft, d. h. eines zweiten Begleiters, so dass er mindestens ein dreifaches System bilde.

Der Polarstern ist auch auf der Yerkes-Sternwarte spektrographisch aufgenommen worden, und zwar liegen drei Platten vor vom 10. August, 20. und 27. September 1899. Edwin B. Frost teilt mit,[1]) dass die daraus abgeleiteten Geschwindigkeiten mit der Periode von 3^d 23^h, welche Prof. Campbell gefunden, gut übereinstimmen, dagegen keinen Beitrag zur Frage der längern periodischen Bewegung des Polarsternsystems, welche Campbell vermutet, liefern können.

Die Bewegung des Polarsternes in der Gesichtslinie, deren periodischen Charakter Prof. Campbell entdeckte, ist auf der Sternwarte zu Pulkowa auch von A. Belopolsky untersucht worden.[2]) Diese Beobachtungen zeigen auch Verschiedenheiten der Geschwindigkeit, die zwischen — 13.4 und — 5.5 *km* in der Sekunde liegen; am merkwürdigsten aber ist, dass die Geschwindigkeit des Sternes sich seit 1888 um 15 *km* vermindert hat, da sie damals nach Vogel und Scheiner 26 *km* betrug, während sie jetzt etwa 10 *km* ist.

Die veränderliche Geschwindigkeit von ε Leonis in der Gesichtslinie. W. S. Adams teilt die Ergebnisse von photographischen Aufnahmen über ε Leonis mit, die im ersten Drittel dieses Jahres am Yerkes-Refraktor erhalten wurden.[3]) Hiernach haben 15 Platten folgende Geschwindigkeiten des Sternes in der Richtung der Gesichtslinie zur Erde ergeben:

1900 Februar	11	+ 10.4 *km*
»	26	+ 1.2 »
März	6	— 1.5 »
»	9	— 3.0 »
»	22	— 10.6 »
»	23—15^h	— 3.4 »
»	23—19^h	— 0.2 »
»	26	+ 3.6 »
»	30	— 1.0 »
»	31	— 5 9 »
April	2	— 1 8 »
»	3	— 5.7 »
»	6	+ 3.0 »
»	7	+ 12.9 »
»	9	— 0.1 »

[1]) a. a. O. p. 184. [2]) Astron. Nachr. No. 3637.
[3]) Astrophys. Journal 11. No. 4. p. 307.

Die Geschwindigkeit ist um den Betrag bis zu 23.3 *km* veränderlich, und die Periode scheint sehr kurz zu sein, vielleicht $2^1/_4$ Tage zu betragen.

τ Tauri als enger Doppelstern. Dieser Stern 4.5 Grösse ist ein von Chr. Mayer entdeckter weiter Doppelstern, indem der Begleiter 8. Grösse in 63° Abstand sich befindet. G. W. Hough hat im vergangenen Herbste am $18^1/_2$-zolligen Refraktor des Dearborn-Observatoriums erkannt, dass der Hauptstern wiederum doppelt ist. Bei einer Bedeckung desselben durch den Mond am 21. Oktober 1899 sah Prof. Hough beim Austritte von τ diesen Stern zuerst als 9. Grösse hinter dem Mondrande hervorkommen, erst nach fast einer Sekunde wurde der Stern plötzlich hell (4.5 Grösse). Diese Thatsache ist nur durch die Annahme zu erklären, dass zuerst ein schwacher Begleiter des Hauptsternes und dann erst dieser letztere sichtbar wurde. Die Distanz des Begleiters kann 0.4″ schwerlich übersteigen.

Der spektroskopische Doppelstern Capella. Die erste kurze Ankündigung, dass der helle Stern Capella ein spektroskopischer Doppelstern sei, wurde von H. F. Newall der Kgl. Astron. Gesellschaft zu London im November 1899 gemacht; eine ähnliche Ankündigung erschien seitens des Prof. Campbell vom Lick-Observatorium in dem Oktoberheft des Astrophysical Journal,[1]) zwei weitere Mitteilungen erschienen im Observatory.[2]) Jetzt teilt nun Newall die Ergebnisse seiner Untersuchungen der Photographien des Spektrums mit, welche auf der Sternwarte zu Cambridge (England) erhalten worden sind.

An dem dortigen 25-zolligen Refraktor ist im Juli 1899 ein neues Spektroskop mit vier Prismen angebracht worden, und einige der frühesten Aufnahmen geschahen an dem hellen Sterne Capella. Die Definition erschien anfangs schlecht und ungenügend und veränderte sich von Nacht zu Nacht in seltsamer Weise; allein es wurde bald klar, dass diese Veränderungen reell waren und nicht Instrumentalfehlern zugeschrieben werden konnten, da die Spektra anderer Sterne wie Sirius und Procyon ausgezeichnet photographiert wurden. Nach einem vorläufigen Studium von zehn oder zwölf Photographien des Spektrums der Capella wurde klar, dass dieses Spektrum ein zusammengesetztes ist und zwei Sternen angehört. Den einen davon nennt Newall die Sonnenkomponente, wegen der Ähnlichkeit ihres Spektrums mit dem Sonnenspektrum, den andern die Procyonkomponente, weil deren Spektrum mit dem des Procyon Ähnlichkeit hat, doch ist es bei der Schwierigkeit der Unterscheidung möglich, dass diese Bezeichnungen einer Revision bedürfen. Das Spektrum der Sonnenkomponente wurde dann bezüglich der Lage

[1]) Astrophys. Journal 1899. 10. p. 177.
[2]) Observatory 1900. p. 92—93.

seiner Linien zwischen den Wellenlängen λ 4250 und λ 4325 genau vermessen, wobei sich ergab, dass die Linien Verschiebungen zeigen, welche eine veränderliche Geschwindigkeit dieses Sternes in der Gesichtslinie zur Erde erkennen lassen. Die nachstehende Tabelle zeigt diese Geschwindigkeit relativ zur Sonne in Kilometern pro Sekunde, wobei die Bahnbewegung der Erde bereits berücksichtigt ist.

1899		M. Zt. Greenwich	Geschwindigkeit relativ zur Sonne	1899		M. Zt. Greenwich	Geschwindigkeit relativ zur Sonne
September	28	12.20	+ 2.8	November	20	9.40	49.7
Oktober	2	12.19	7.5	»	23	9.16	46.6
»	16	10.58	31.1	»	28	8.45	38.8
»	17	10.30	25.8	Dezember	1	8.47	32.9
»	18	10.54	34.7	»	2	9.6	32.9
November	1	9.55	51.1	»	11	6.40	23.0
»	6	9.12	50.4	1900			
»	6	10.43	53.3	Januar	9	5.57	9.5
»	8	9.56	53.1	»	17	12.6	12.8
»	10	9.17	55.5	»	18	12.34	20.3
»	11	10.15	55.8	»	20	12.22	23.5
»	17	9.16	51.0	»	24	12.30	28.1

Zweimal in einer gewissen Periode erscheinen die Linien einfach und scharf, Linie für Linie, und fast in jeder Beziehung erscheint das Spektrum ähnlich dem Sonnenspektrum. Dies ist der Fall, wenn die Geschwindigkeiten der beiden Komponenten gleich sind; zu allen andern Zeiten sind die Linien schlecht begrenzt, und einige erscheinen doppelt.

Die Messungen des Spektrums bezüglich der Procyonkomponente sind schwieriger, und während einer wichtigen Phase der Beobachtungen wurden die Aufnahmen leider durch schlechtes Wetter verhindert. Die Bewegungsverhältnisse dieser Komponente sind daher zur Zeit noch nicht genau anzugeben, doch meint Newall, man dürfe immerhin schliessen, dass die Massen der beiden Komponenten von Capella nicht sehr voneinander verschieden sind. Die Umlaufszeit der Sonnenkomponente ergiebt sich näherungsweise zu 104.0 Tagen, womit auch die 1897 von Prof. Campbell aufgenommenen Photographien gut übereinstimmen.

Von besonderem Interesse ist ein Bezug auf die am astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam 1888 erhaltenen Spektralphotographien der Capella. Von 1888 Oktober 6 bis 1889 September 15 wurden dort auf Grund dieser Aufnahmen Geschwindigkeits-Bestimmungen der Capella in der Gesichtslinie erhalten. Dieselben ergaben im Mittel nach Vogel + 24.8 *km* pro Sekunde, 15 andere Aufnahmen Scheiner's ergaben + 24.1. Unter den Potsdamer Photographien werden mehrere als gut, andere als »verwaschen« oder »unscharf« bezeichnet, und in einem Falle glaubte Prof. Vogel, den Mangel an Schärfe der nicht korrekten Stellung der Kamera zuschreiben zu müssen. Zur Bestimmung der Wellenlängen der Linien im Spektrum von Capella bediente sich Prof. Scheiner zweier Spektralphotographien, die er als »ganz ausgezeichnet« bezeichnet; die eine

wurde 1888 Oktober 24, die andere 1888 Dezember 13 erhalten. Wahrscheinlich ist, so meint Newall nicht ohne Grund, der 24. Oktober 1888 eine Epoche, in welcher die Geschwindigkeit der beiden Komponenten von Capella gleich gross war, und deshalb die Linien scharf erschienen, womit auch die zweite Epoche, Dezember 13, gut stimmt. Unter dieser Voraussetzung würde die Periode des Sternes gemäss den Beobachtungen 1888 Oktober 24 und 1899 Dezember 6 104.1 Tage betragen. Weiterhin schliesst Newall aus den spektroskopischen Beobachtungen folgendes:

1. Die beiden Komponenten, welche den Stern Capella bilden, sind nahezu gleich an Masse.

2. Dieselben sind auch nicht sehr verschieden an Helligkeit.

3. Der Halbmesser der relativen Bahn beträgt mindestens 52 Millionen engl. Meilen. Da die Parallaxe der Capella nach Dr. Elkin höchstens 0.08" beträgt, so müssen die Komponenten dieses Sternes weniger als 0.1" voneinander entfernt stehen. Unter diesen Umständen ist die Masse der Capella kleiner als das 19fache der Sonnenmasse. Die Helligkeit dieses Sternes muss mindestens 480 mal diejenige der Sonne übertreffen, und wenn wir die absolute Leuchtkraft beider Himmelskörper gleich setzen, so würde jede der beiden Komponenten Capellas im Durchmesser die Sonne um das 17fache übertreffen. Es ist jedoch nicht zu vergessen, dass diese letztern Werte vorwiegend von dem angenommenen Werte für die Parallaxe der Capella abhängen, und dieser sehr zweifelhaft ist.

Der spektroskopische Doppelstern χ im Drachen. Die Thatsache, dass der Stern χ im Drachen in der Richtung der Gesichtslinie zur Erde eine unveränderliche Geschwindigkeit besitzt, wurde durch die spektrographischen Aufnahmen von Prof. Campbell zuerst festgestellt.[1])

Seit Juli 1898 sind 28 Spektrogramme dieses Sternes mittels des Mills'schen Spektrographen auf der Lick-Sternwarte erhalten worden. Dieselben erstrecken sich über mehr als eine Periode der Geschwindigkeitsänderungen, und W. H. Wright hat sie nunmehr benutzt, um daraus die Bahn des Sternes zu berechnen.[2]) Die erwähnten 28 Platten umfassen den Zeitraum von 1898 Juli 25.8 bis 1899 Oktober 16.7. Die grösste beobachtete Geschwindigkeit des Sternes beträgt + 47.2 *km*, die kleinste + 10.6. Als definitive Elemente der Bahn des Sternes fanden sich folgende:

Geschwindigkeit des ganzen Systems in der Gesichtslinie zur Erde: + 32.28 *km* ± 0.09 *km*.

Halbe grosse Axe der Bahn: 62020000 *km* ± 410000 *km*.

Exzentrizität: 0.423 ± 0.006.

Position des Periastrums: 119.0° ± 1.1°.

---

1) Astrophys. Journal 6. p. 291.
2) a. a. O. 11. p. 131.

Umlaufszeit: 281.8 Tage $\pm$ 0.7^{d}.

Durchgang durch das Periastrum = 1899 Juli 28.3 $\pm$ 0.5.

Das Spektrum von χ Draconis ist für genaue Messungen sehr geeignet; es gleicht demjenigen von Procyon. Die Linie $H\gamma$ ist wohl definiert, und die metallischen Linien sind äusserst scharf und gut getrennt.

Die im letzten Dezennium in der Bestimmung der Sternbewegungen in der Gesichtslinie erreichten Fortschritte sind von Prof. H. C. Vogel, der selbst auf diesem Gebiete die grössten Verdienste hat, vor der Kgl. Pr. Akademie der Wissenschaften dargelegt worden. [1])

Die Beobachtungen über die Bewegung der Nebelflecke in der Gesichtslinie zur Erde wurden 1890 und 1891 von Prof. Keeler auf der Lick-Sternwarte mit dem Gitterspektroskop angestellt. Es wurden 14 Nebel auf Bewegung untersucht, von denen neun negative, fünf positive Bewegung zur Sonne zeigten; im Durchschnitte ist die Bewegung 27 *km*, also, wenn man aus der geringen Zahl einen Schluss ziehen darf, von derselben Ordnung, wie bei den hellern Sternen. Die grösste Bewegung besitzt der planetarische Nebel G. C. 4373 H IV. 37, nämlich 65 *km* in der Sekunde. Bei dieser Gelegenheit hat Keeler auch die Bewegung in der Gesichtslinie für drei Sterne bestimmt und gefunden: für α Bootis — 6.8 $\pm$ 0.3 *km*, für α Tauri + 55.2 *km* und für α Orionis + 14 *km*. Diese Werte stimmen sehr gut mit den Potsdamer spektrographischen Messungen, welche bezw. — 7.6 *km*, + 48.5 *km* und + 17.2 *km* ergeben hatten; somit war es möglich, durch direkte Beobachtung ebenso genaue Bestimmungen von Sternbewegungen auszuführen, wie nach der spektrographischen Methode.

In Pulkowa sind mit einem Spektrographen von Belopolsky vorzugsweise Veränderliche und Doppelsterne zum Gegenstande der Untersuchung gemacht worden. Unter seinen Arbeiten sind besonders zu erwähnen die Untersuchungen über δ Cephei, bei dem er eine periodische Änderung der Bewegung einer Komponente nachwies, die mit der Periode der Lichtkurve des Sternes, 5^{d} 9^{h}, übereinstimmt. Bei η Aquilae fand er gleichfalls Geschwindigkeitsänderungen, die sich aus der Periode des Lichtwechsels dieses Sternes, 7^{d} 4^{h}, erklären lassen. Ferner wurde von ihm bei α Geminorum eine veränderliche Bewegung mit der Periode 2^{d} 23.5^{h} gefunden. Ausgedehnte Untersuchungen hat Belopolsky über das Spektrum von β Lyrae veröffentlicht, für welchen Doppelstern Pickering aus den Verschiebungen der Spektrallinien eine relative Geschwindigkeit der Komponenten von 65 geogr. Meilen, einen Bahnhalbmesser von 11.5 Millionen geogr. Meilen und eine Masse des Systems von 150 Sonnen berechnet hatte. Belopolsky hat aus Messungen der Wasserstofflinie $H\beta$ eine Bahngeschwindigkeit von 12 Meilen, einen Bahnhalbmesser von 2 Millionen Meilen und eine Masse von der Ordnung der Sonnenmasse berechnet. Durch spätere Messungen, die er auf die Absorptionslinie des Mg, λ 4480, beschränkte, weil diese keine Emissionslinie neben sich hat, wie die H-Linien, kam er zu den Werten: Geschwindigkeit = 24 geogr. Meilen, Halbmesser der Bahn = 4.3 Millionen geogr. Meilen, Abstand beider Sterne = 6.4 Millionen Meilen; Massen = 9 Sonnen. Belopolsky hat noch bei λ Tauri, ζ Geminorum und ϑ Ursae majoris veränderliche Bewegungen nachgewiesen und somit 7 Doppelsterne spektroskopisch ermittelt.

Auf Anregung von Poincaré in Paris hat Deslandres Untersuchungen über Bewegung der Planeten und über die Rotation des Jupiter auf

---

[1]) Sitzungsber. der Kgl. Pr. Akademie der Wissensch. 1900. p. 373.

spektrographischem Wege angestellt, welche, den Voraussetzungen entsprechend, ergaben, dass bei einem Körper, der in diffus reflektiertem Lichte leuchtet, die Linienverschiebung abhängig ist nicht nur von der Bewegung des Körpers gegen den Beobachter, sondern auch gleichzeitig von der Bewegung gegen die ihn erleuchtende Lichtquelle. Die Beobachtungen über die Jupiterrotation sind von Belopolsky bestätigt worden. Über das Saturnsystem hat Keeler durch spektrographische Aufnahmen schöne Resultate erhalten; es ging aus ihnen hervor, dass die Saturnringe aus einzelnen, kleinen Körperchen bestehen, die bei ihrer Rotation um den Zentralkörper den Keppler'schen Gesetzen folgen. Campbell, Belopolsky und Deslandres haben dies bestätigt.

Die Richtigkeit des Doppler'schen Prinzips hatte Vogel durch den Nachweis einer Verschiebung der Linien im Spektrum der vom Sonnenrande in der Nähe des Sonnenäquators zu uns gelangenden Lichtstrahlen, welche der bekannten Rotationsgeschwindigkeit entsprach, vor 29 Jahren dargethan. Mit verbesserten Instrumenten ist die Prüfung von Dunér in Lund wiederholt worden, welcher fand, dass die Wellenlängen der Lichtstrahlen thatsächlich proportional der Bewegung der Lichtquelle sich ändern. Für die verschiedenen heliozentrischen Breiten sind die beistehenden Geschwindigkeiten gefunden worden:

Hel. Br.	Geschwindigkeit	Hel. Br.	Geschwindigkeit
0.40°	1.98 ± 0.013	45.0°	1.19 ± 0.014
15.0	1.85 ± 0.0013	60.0	0.74 ± 0.012
30.0	1.58 ± 0.014	74.8	0.34 ± 0.013

Kurz vor Abschluss dieser Untersuchungen veröffentlichte Crew über denselben Gegenstand zwei Arbeiten, welche bezüglich der Sonnenrotation zu dem Ergebnisse führten, dass die Rotation der absorbierenden Schicht auf der Sonne eine gleichförmige ist, während mit Dunér's Beobachtungen eine konstante Winkelgeschwindigkeit nicht vereinbar ist. Letztere sind hingegen in guter Übereinstimmung mit dem aus der Bewegung der Sonnenflecken abgeleiteten Rotationsgesetze der Sonne.

Durch die Freigebigkeit Mills' war für das Lick-Observatorium ein Apparat gebaut, von dessen ausgezeichneten Leistungen Vogel sich durch die Prüfung einiger ihm übersandter Spektrogramme überzeugen konnte, und dessen Beschreibung er bei der Ausführung der neuen Potsdamer Apparate verwertet hat. Mit diesem Mills-Spektrographen werden auf dem Lick-Observatorium gegenwärtig systematische Beobachtungen über die Bewegung von Sternen im Visionsradius bis zu 5. Grösse ausgeführt, und Campbell hat unter etwa 300 bisher doppelt und mehrfach beobachteten Sternen bereits 16 Sterne mit veränderlicher Geschwindigkeit gefunden, so dass zur Zeit 28 Doppelsterne durch spektrographische Beobachtungen ermittelt worden sind. Vogel giebt folgende Zusammenstellung der von Campbell gefundenen Sterne mit veränderlicher Geschwindigkeit in der Gesichtslinie:

Stern	Periode
η Pegasi	$2^1/_4$ Jahre
χ Draconis	$9^1/_2$ Monate
o Leonis	$14^1/_2$ Tage
ζ Geminorum	unbekannt
ι Pegasi	mehr als 10 Tage
ϑ Draconis	mehr als 9 Tage
ι Librae	unbekannt, mehrere Monate
β Capricorni	unbekannt, lang
h Draconis	unbestimmt
λ Andromedae	etwa 20 Tage
ε Ursae min.	einige Wochen
ω Draconis	unbekannt

Stern	Periode
α Ursae min.	3.9 Tage und eine 2. längere Periode
α Aurigae	$3^1/_2$ Monate
ν Sagittarii	einige Wochen
β Herculis	unbekannt, 1 Jahr?

Mit den hier gefundenen Perioden ist die Kluft zwischen den spektroskopisch nachgewiesenen und den sichtbaren Doppelsternen, die anfänglich bezüglich der Dauer des Umlaufs bestand, ausgefüllt. »Nimmt man die grosse Anzahl von Sternen vom Algoltypus, die durch photometrische Beobachtungen im letzten Jahrzehnte entdeckt worden sind, und bei welchen die Annahme gestattet sein dürfte, dass der Lichtwechsel eine Folge der Doppelsternnatur dieser Sterne ist, bedenkt man ferner, dass diese Sterne nur dann als Veränderliche erkannt werden können, wenn die Gesichtslinie einen nur sehr geringen Winkel mit der Bahnebene macht, und auch bei den spektroskopisch nachgewiesenen Doppelsternen dieser Winkel nicht allzugross angenommen werden darf, so kann man ein Staunen über das schnelle Anwachsen der Anzahl der aufgefundenen Doppelsterne nicht unterdrücken.«

Besonderes Interesse bietet der Polarstern mit seiner doppelten Periode der Bewegung in der Gesichtslinie, weil man durch sie auf das Vorhandensein von drei Körpern geführt wird. Ferner ist sehr interessant die Entdeckung der periodischen Verdoppelung von Linien im Spektrum von α Aurigae (Capella), welches aus zwei superponierten Spektren besteht, die zu Zeiten ein Spektrum darstellen, das dem Sonnenspektrum ähnlich ist. Diese Eigentümlichkeit war in Potsdam bei den Beobachtungen dieses Spektrums nicht bemerkt worden, und erst nachträglich wurde verständlich, warum die Mehrzahl der Spektrogramme dieses Sternes verwaschen ist, und die meisten Linien verbreitert erscheinen.

»Wenn man in Betracht zieht, dass gegenwärtig Untersuchungen über Bewegung der Sterne in der Gesichtslinie von Newall in Cambridge (Engl.), von Lord auf dem Mc Millin-Observatorium (Ohio) bereits mit gutem Erfolge angestellt worden sind und weitergeführt werden, dass in Meudon ein an Grösse dem neuen Potsdamer Instrument ähnlicher Doppelrefraktor aufgestellt und mit einem Spektrographen versehen worden ist, mit dem es Deslandres bereits gelang, δ Orionis als Stern mit veränderlicher Bewegung zu erkennen, dass ferner mit dem grössten Instrumente der Welt, dem Yerkes-Refraktor in Williams Bay, und mit dem Doppelrefraktor auf dem Observatorium am Cap der guten Hoffnung von Gill derartige Beobachtungen am Südhimmel angestellt werden sollen, so kann man mit Zuversicht erwarten, dass im Laufe des neuen Jahrhunderts unsere Kenntnis über die Fixsterninsel, der wir angehören, in ähnlicher Weise erweitert werden wird, wie im Verlaufe des vorigen Jahrhunderts die über unser Sonnensystem. Die starke, nach demselben Ziele gerichtete Beteiligung mehrerer der grössten Sternwarten der Welt muss aber ganz besonders als erfreulich bezeichnet werden, denn das zu bewältigende Arbeitsquantum ist im Laufe des letzten Jahrzehnts besonders durch die Auffindung zahlreicher Sterne mit veränderlicher Geschwindigkeit in ganz unerwarteter Weise angewachsen.«

Sauerstoff und Silicium in der Atmosphäre einiger Fixsterne. Nachdem F. Mc Clean in den Spektren von β Crucis und einiger anderer Sterne neben den Helium- und Wasserstofflinien andere Liniengruppen gefunden, die mit solchen des Sauerstoffspektrums zusammenfallen, haben D. Gill und J. Lunt am neuen grossen photographischen Refraktor der Cap-Sternwarte Aufnahmen

der Spektren jener Sterne gemacht, um die Frage zu entscheiden.[1]) Was β Crucis anbelangt, so stimmen die Linien desselben völlig mit denjenigen des Sauerstoffspektrums überein (in dem Teile des Spektrums, dessen Wellenlängen zwischen $\lambda = 4250$ und $\lambda = 4580$ liegen). Von Stickstofflinien zeigte sich keine Spur, dem Kohlenstoff schreiben die Beobachter die Linie $\lambda = 4267.2$ zu, dem Magnesium die Linie $\lambda = 4486.17$. Ausserdem finden sich noch drei starke Linien ($\lambda = 4552.79$, 4567.09, 4574.68) in den Spektren von β Crucis, β und ε Canis majoris und β Centauri, deren Ursprung unbekannt ist. Mit diesen Linien hat sich noch zu gleicher Zeit J. Lunt beschäftigt[2]) und durch eine Reihe sorgfältiger Versuche festgestellt, dass sie dem Siliciumspektrum angehören. Auch zwei von Eder und Valenta im ultravioletten Teile des Siliciumspektrums gemessene Linien finden sich nach Lockyer in den Spektren von α Canis majoris, α Orionis und α Cygni, während aber bei diesen die obigen drei Siliciumlinien fehlen. Vergl. den folgenden Bericht.

Über den Ursprung gewisser Linien im Spektrum der Sterne vom Typus β Crucis und über das Spektrum des Siliciums hat Joseph Lunt einige Untersuchungen veröffentlicht.[3]) D. Gill hat vor kurzem darauf aufmerksam gemacht, dass in den Spektren von β Crucis, ε Canis majoris und einiger anderer Sterne mit ähnlichen Spektren drei Linien unbekannten Ursprunges vorhanden sind, deren Wellenlängen 4552.79, 4567.09, 4577.68 betragen. Als J. Lunt durch eine Argonröhre mit 2 *mm* Gasdruck hochgespannte Funken schlagen liess und das Spektrum derselben photographierte, fand er zu seinem Erstaunen auch das Sauerstoffspektrum und ausserdem zwei starke Linien am grünen Ende des Spektrums, welche mit den Linien im Spektrum von β Crucis übereinstimmten, und schliesslich auch die dritte. Eine vollständige Bestätigung der Übereinstimmung wurde dann durch die photographische Aufnahme des Spektrums von ε Canis majoris erhalten, bei welcher die Argonröhre das Vergleichsspektrum lieferte. Sonach war erwiesen, dass die drei Linien von bis dahin unbekanntem Ursprunge auch in dem Spektrum irdischer Stoffe auftreten. Nach einer Anzahl misslungener Versuche kam Lunt teilweise durch Zufall zu der Überzeugung, dass die drei Linien dem Spektrum des Siliciums angehören. Diese Linien kommen in der Aufzählung der Wellenlängen des Siliciumspektrums durch Eder und Valenta allerdings nicht vor, sondern diese führen als wenigst brechbare Linien dieses Spektrums die beiden mit den Wellenlängen 4131.5 und 4126.5 auf. Diese letzten Linien fand Lockyer in Photographien der Spektra von Sirius, α Cygni und Rigel und behauptete deshalb, diese Sterne enthielten in ihrer Atmosphäre Silicium.

---

1) Astrophys. Journal 1899. **10.** p. **272.**
2) Astrophys. Journal 1900. **11.** p. 262.
3) Proc. R. Soc. 66. p. 44—50 **Astrophys. Journal 11. No. 4 p. 262.**

Merkwürdigerweise fehlen aber gerade bei ihnen die drei starken Siliciumlinien, welche Lunt in den Spektren von β Crucis und ε Canis majoris (und γ Orionis) gefunden hat.

Ein neuer veränderlicher Stern in der Jungfrau ist von Dr. Schwassmann durch Vergleichung einer Anzahl photographischer Aufnahmen, die bis 1892 zurückreichen, aufgefunden worden.[1]) Der Ort des Sternes für 1900.0 ist AR $13^h\ 2^m\ 20^s$ Dekl. — $12^\circ\ 37.8'$. Die bisher konstatierten Helligkeitsänderungen sind nach Dr. Schwassmann folgende:

1892 April 17 höchstens 14. Grösse, vielleicht schwächer
1893 April 14 etwa 10.2 Grösse
1894 März 29 höchstens 14. »
1896 April 16 etwa 12 2 »
1900 » 2 höchstens 14. »

Über die Periode des Lichtwechsels lassen die bisherigen Aufnahmen etwas Sicheres nicht erkennen, vielleicht ist sie, wie Dr. Schwassmann glaubt, von langer Dauer.

Der Veränderliche η Argus. E. E. Markwik teilte[2]) seine ältern Beobachtungen der Helligkeit des merkwürdigen Veränderlichen η Argus mit. Dieselben wurden 1883 und 1884 zu Pietermaritzburg in Natal mit einem $2^3/_4$zölligen Refraktor angestellt und bestehen in Vergleichungen der Helligkeit des Veränderlichen mit benachbarten Sternen. Seine Helligkeit war übrigens merklich konstant während der Beobachtungszeit von Ende Dezember 1883 bis Ende Juni 1884. Markwik giebt sie für die Epoche 1884.23 im Mittel = 7.51 Grösse. Mit den Angaben von Innes[3]) kombiniert, erhält man folgende Helligkeiten des Veränderlichen für die beigesetzten Zeiten:

1884.23	7.51 Grösse
1886.2	7.60 »
1896.4	7.58 »
1897.2	7.60 »
1899.5	7.71 »

Dieser Veränderliche, der 1843 den Sirius an Glanz übertraf, ist also seit fast 16 Jahren fast unverändert 7.5 Grösse geblieben, vielleicht mit geringer Neigung zu weiterer Lichtabnahme.

Der Veränderliche Y Cygni und seine Bahn. Prof. N. C. Dunér hat diesen Veränderlichen des Algoltypus in Gemeinschaft mit Dr. Bergstrand vom April bis November 1898 beobachtet. Schon früher hat Prof. Dunér nachgewiesen, dass die Lichtänderungen desselben dadurch am besten zu erklären sind, dass zwei gleich grosse

[1]) Astron. Nachr. No. 3636.
[2]) Monthly Notices 60. p. 223.
[3]) Monthly Notices 59. p. 570.

und gleich helle Sterne sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt bewegen und einander für den Anblick von der Erde aus bei jedem Umlaufe zweimal verdecken. Dadurch entstehen zwei Lichtminima, die zeitlich sehr nahe bei einander liegen, indem die Bahn sehr exzentrisch ist. Prof Dunér unterscheidet diese Minima je nach der Epoche, zu der sie zählen, als gerade und ungerade. Unter Benutzung seiner eigenen und aller bekannt gewordenen fremden Beobachtungen hat nun Prof. Dunér die elliptischen Elemente der von den beiden Komponenten beschriebenen Bahn abgeleitet.[1]) Dieselben folgen nachstehend. Unter Hauptepoche t_0 ist die Zeit zu verstehen, wo gleichzeitig der Perihel- (möglicherweise der Aphel-) durchgang stattfand, und die Apsidenlinie der Bahn mit der Gesichtslinie zusammenfiel; unter ω der Winkel, mit welchem die Apsidenlinie während eines halben anomalistischen Umlaufes sich in der Bahnebene dreht. Als Einheit für die halbe grosse Axe der Bahn gilt der Radius der Sterne. Dass man bis auf weiteres annehmen muss, dass die Gesichtslinie exakt in der Bahnebene liege, und dass die Lage der Knotenlinie weder jetzt, noch je bestimmt werden kann, da dieselbe keinen Einfluss auf den Lichtwechsel des Sternes ausübt, ist selbstverständlich.

Elemente von Y Cygni.

Hauptepoche	t_0	$= 1885.0 + 342.8930^d$
Anomalistische Bewegung der Apsidenlinie .	ω	$= 0.035928^0$
Exzentrizität der Bahn	e	$= 0.14535$
Anomalistische Umlaufszeit	U	$= 2.996933^d$
Halbe grosse Axe der Bahn	a	$= 8.0$

Prof. Dunér giebt eine Ephemeride der Minima für 1900, unterschieden nach der geraden und ungeraden Epoche, aus der folgendes ein Auszug ist:

Gerade Epochen. Epochen	M. Z. Greenw.				Ungerade Epochen. Epochen	M. Z. Greenw.			
3266	Mai	3^d	13^h	55^m	3265	Mai	1^d	20^h	34^m
3286	Juni	2	13	1	3285	Juni	0	19	42
3306	Juli	2	12	7	3305	»	30	18	51
3326	Aug.	1	11	13	3325	Juli	30	18	0
3346	Sept.	0	10	18	3345	Aug.	29	17	9
3366	Okt.	0	9	24	3365	Sept.	28	16	18
3386	»	30	8	29	3385	Okt.	28	15	27
3406	Nov.	29	7	35	3405	Nov.	27	14	36
3426	Dez.	29	6	40	3425	Dez.	27	13	45

Wie man sieht, sagt Prof. Dunér, waren in Europa die geraden Minima von Anfang Juli ab unter besonders günstigen Umständen zu beobachten. Unter etwa ebenso vorteilhaften Bedingungen liessen sich gleichzeitig in Amerika die ungeraden beobachten. Sehr erwünscht wäre es, dass nicht nur die Zeiten der Minima, sondern auch der Dauer der Verdunkelungen und, mit Photometern, die Helligkeit des Sternes im normalen Lichte und in den Minimis ermittelt würde.

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3633

Der Veränderliche T Vulpeculae. Dieser Stern, dessen Lichtwechsel 1885 von Sawyer entdeckt wurde, steht am Himmel in AR 20^h 47.2^m D + 27° 52.5′ (für 1900.0) und ist im Maximum 5.5, im Minimum 6.5 Grösse. Die Art dieses Lichtwechsels und die Dauer der Periode ist jüngst von M. Luizat auf Grund eigener Beobachtungen und derjenigen von Sawyer, Chandler und Yendell neu untersucht worden.[1]) Er findet als Epoche des Maximums 1885 Nov. 3.02 mittlerer Zeit von Paris und als Periodendauer 4.43578 Tage ± 0.00014 Tage. Die Lichtabnahme vom Maximum ab ist langsam und dauert 3.0 Tage, worauf der Stern rasch (in 1.4 Tag) sein Maximum wieder erreicht.

Photographische Untersuchungen des Lichtwechsels von *β* Lyrae und *η* Aquilae durch K. Schwarzschild. Diese beiden Sterne gehören zu den hellsten Veränderlichen von kürzerer Periode des Lichtwechsels, und dieser letztere ist daher durch zahlreiche Okularbeobachtungen recht genau bekannt. Besonders bei *β* Lyrae sind es die ältern Untersuchungen von Argelander, welche die Form der Lichtkurve mit einem hohen Grade von Zuverlässigkeit kennen gelehrt haben. Hiernach zeigt dieser Lichtwechsel innerhalb eines Zeitraumes von 12 Tagen 22^h zwei Minima und zwei Maxima der Helligkeit. Im kleinsten Lichte ist er 4.20 Grösse, steigt dann nach 3 Tagen 2^h bis zur Grösse 3.40, sinkt nach weitern 3 Tagen 7^h auf die Grösse 3.80 herab, steigt wieder innerhalb 3 Tagen 3^h zur Grösse 3.40 und erreicht 3 Tage 10^h später abermals das kleinste Licht, um den ganzen Turnus zu wiederholen. Der Veränderliche *η* Aquilae hat eine Periodendauer von 7 Tagen 4^h 14^m, und für ihn liegen ausser den ältern neuere Untersuchungen von Lockyer vor. Hiernach ist der Stern im Minimum 4.5 Grösse, steigt aber nach 2 Tagen 4^h zur 3.8 Grösse und sinkt langsam mit Schwankungen in 7 Tagen zur geringsten Helligkeit herab.

K. Schwarzschild hat nun in den Jahren 1897 und 1898 an der v. Kuffner'schen Sternwarte in Wien die Photographie zur Bestimmung der Lichtkurven der genannten Sterne in Anwendung gebracht und sehr interessante Ergebnisse erhalten.[2]) Im allgemeinen hat die Messung des Lichtes mit Hilfe seiner photographischen Wirkungen, wenn es sich um sehr schwache Lichter handelt, d. h. zur Photometrie der Sterne, keinen ihrem ersten schnellen Aufschwunge entsprechenden Fortgang genommen, besonders weil die Ausmessung der Durchmesser der Sternscheibchen nicht mit aller wünschenswerten Genauigkeit möglich ist. Schwarzschild aber hat gezeigt, dass eine beträchtliche Erhöhung der Genauigkeit erreichbar ist, wenn man die Sterne nicht im Brennpunkte, sondern etwas ausserhalb des Fokus des photographischen Instrumentes aufnimmt; ferner hat er

---

[1]) Astron. Nachr. No 3653.
[2]) Publikationen der v. Kuffner'schen Sternwarte 5. Wien 1900.

eine gewisse Gesetzmässigkeit im Verhalten der Bromsilbergelatine gefunden, so dass ihre Verwendung zu exakten Lichtmessungen bei der nötigen Vorsicht von neuem Aussichten bietet. Den Nachweis hierfür hat Dr. Schwarzschild durch potographische Aufnahmen und darauf begründete Bestimmungen der Sternhelligkeit in den Plejaden, der Praesepe und den Sternhaufen h und χ Persei geliefert und endlich auch photographische Aufnahmen der beiden Veränderlichen β Lyrae und η Aquilae in verschiedenen Phasen ihres Lichtwechsels gemacht. Diese letztern Beobachtungen sind von besonderem Interesse, da sie einige Anhaltspunkte für die Erklärung des Lichtwechsels dieser Sterne gewähren.

Was zunächst den Veränderlichen η Aquilae anbelangt, so findet innerhalb der Grenzen der Genauigkeit ein völliges Zusammenfallen der aus den photographischen Aufnahmen abgeleiteten Lichtkurve mit denjenigen aus den optischen Beobachtungen von Argelander, J. Schmidt und Lockyer abgeleiteten statt. Dagegen zeigt sich ein merkwürdiger Unterschied in der Grösse (Amplitude) des Lichtwechsels. Der Stern schwankt nach der photographischen Lichtkurve zwischen den Grössenklassen 4.28 und 5.57, also um 1.29 Grössenklasse, gemäss der optischen aber nur zwischen 3.82 und 4.49 Grösse, also um 0.67 Grössenklasse.

»Die Amplitude des Lichtwechsels,« sagt Dr. Schwarzschild, »ist also photographisch gerade doppelt so gross als optisch, d. h. die — photographisch vorwiegend wirksame — blaue Strahlung des Sternes ändert ihre Intensität viel stärker, als seine — vorwiegend optisch wirksame — gelbe Strahlung. Es ist ferner nach vorstehenden Zahlen η Aquilae ein »rötlicher« Stern, er ist stets photographisch schwächer als optisch, und die »Röte« wird stärker um die Zeit des Minimums. Im Maximum beträgt nämlich die Differenz zwischen optischer und photographischer Grösse 0.46^{m}, im Minimum 1.08^{m}.

Die »Röte« des Sternes ist hier nicht wörtlich zu nehmen, er zeigt in Wirklichkeit gelbliche Färbung. Obwohl bei diesen geringern Färbungsgraden die physiologischen Einflüsse der Farbe auf optische Helligkeitsmessungen und Schätzungen noch unbedeutend zu sein pflegen, liegt doch der Gedanke nahe, dass der gefundene Unterschied in der Amplitude auf solche physiologische Verhältnisse zurückzuführen sei. Bei näherem Zusehen bemerkt man indessen, dass dann gerade der entgegengesetzte Sinn des Unterschiedes eintreten müsste. Das Purkinje'sche Phänomen bewirkt, dass, wenn ein roter und ein weisser Stern beide in Wirklichkeit physikalisch im gleichen Verhältnisse schwächer werden, der rote noch mehr als der weisse an physiologischer Helligkeit zu verlieren scheint, und daraus folgt, dass die Amplitude des Lichtwechsels eines roten Sternes aus der Vergleichung mit weissen Nachbarsternen zu gross gefunden wird. Wäre also ein derartiger Einfluss bei η Aquilae wirksam, so wäre die photographische Amplitude in Wirklichkeit

nicht nur zweimal, sondern mehr als zweimal grösser, als die Amplitude des Lichtwechsels für das weniger brechbare Ende des Spektrums. Hiernach scheint die Realität jenes Unterschiedes nicht bezweifelt werden zu können. Seine Erklärung ist auf zweierlei Arten möglich. Entweder es beruht der Lichtwechsel von η Aquilae auf einer Temperaturschwankung: dann hat das Anwachsen der Temperatur zur Zeit des Maximums nicht nur eine Steigerung der Gesamtstrahlung zur Folge, sondern es muss damit nach den allgemeinen Strahlungsgesetzen auch ein Wandern der Hauptmasse der Strahlung nach kürzern Wellenlängen zu verbunden sein, der Stern muss, wie es den obigen Zahlen entspricht, blauer werden. Oder es beruht die Lichtschwankung auf der Ebbe und Flut einer absorbierenden Atmosphäre nach einer von Klinkerfues aufgestellten Hypothese. Dann wird jenes Verhalten erklärt, wenn diese Atmosphäre, genau wie die Erdatmosphäre, Blau etwa doppelt so stark als Gelb absorbiert Da die Erdatmosphäre die Helligkeit eines Zenithsternes optisch um etwa 0.2^m, photographisch um 0.4^m schwächt, so muss, um die Helligkeitsschwankung des Sternes von optisch 0.67^m und photographisch 1.29^m zu erklären, zwischen Flut und Ebbe der aus Luft bestehend gedachten Sternatmosphäre ein Druckunterschied von 3.3 irdischen Atmosphären bestehen. Eine atmosphärische Flutwirkung dieser Grösse scheint für einen Körper von den Dimensionen etwa der Sonne nicht unmöglich zu sein, auch wenn man berücksichtigt, dass bei einem flüssigen oder gasförmigen Körper keineswegs die ganze Elliptizität der Flutwelle, sondern höchstens die Differenz der Fluthöhe zwischen den verschiedenen dicht unter der Oberfläche liegenden Schichten für die Veränderlichkeit der Absorptionen in Betracht kommen kann. Der zur Erzeugung der Fluten erforderliche Begleiter ist spektroskopisch durch Linienverdoppelungen sichergestellt. Es hat daher die zweite Hypothese den Vorzug, dass sie nur von vorhandenen Ursachen Gebrauch macht.

Die Auffassung des Lichtwechsels von η Aquilae als einer einfachen Verfinsterungserscheinung durch einen vorüberziehenden Trabanten könne nur auf gekünstelte Weise das verschiedene Verhalten verschiedener Spektralgebiete erklären. Dieser Auffassung widersprechen ausserdem die Ergebnisse der spektroskopischen Beobachtung, welche zeigen, dass der Begleiter schon zwei Tage vor dem Minimum zwischen Erde und Hauptstern vorübergeht.

Aber auch die Fluthypothese bringt nicht alles in Übereinstimmung. Wie es die asymmetrische Form der Lichtkurve verlangt, ergiebt sich zwar die Bahn des Begleiters aus den spektroskopischen Beobachtungen als sehr exzentrisch. Die Lage des Perihels und die Stellung des Begleiters in der Bahn ist indessen im Verhältnisse zu den Phasen des Lichtwechsels eine so eigentümliche, dass daraus der Fluthypothese in der Klinkerfues'schen Form vielleicht doch noch Schwierigkeiten erwachsen dürften, wenn anders die Deutung der spektroskopisch beobachteten Linienverschiebungen einwandfrei ist.

Zur Erklärung der sekundären Anschwellungen der Lichtkurve zieht Lockyer einen zweiten Trabanten heran. Vielleicht könnte man auch an Eigenschwingungen der gasigen Atmosphäre des Hauptkörpers denken, die bei der Grösse dieses Körpers wohl in Perioden von der Länge mehrerer Tage vor sich gehen können.«

Was den Veränderlichen β Lyrae anbelangt, so stimmt die optische mit der photographischen Lichtkurve vorzüglich überein. Für die Hauptphasen finden sich folgende Helligkeiten in Sterngrössen: Hauptminimum 4.20, erstes Maximum 3.38, zweites Minimum 3.77, zweites Maximum 3.36. Das zweite Maximum ist also etwas heller, wie schon Argelander gefunden hatte.

»Bei β Lyrae,« sagt Schwarzschild, »kann also im Gegensatze zu η Aquilae den optischen und den photometrischen Beobachtungen zugleich durch Zurückführung des Lichtwechsels auf blosse Verfinsterungen Genüge gethan werden, und zwar in der von Myers näher ausgeführten Weise. Temperaturschwankungen und Absorptionen werden bei diesem Sterne nur in zweiter Linie in Betracht kommen. Auch die spektroskopischen Beobachtungen von Linienverschiebungen, deren Auslegung bei β Lyrae allerdings noch vielen Zweifeln unterworfen ist, lassen sich nach Tikhoff mit der Verfinsterungstheorie in Übereinstimmung bringen.

Der Veränderliche des Algoltypus Z Herculis. Dr. E. Hartwig hat diesen Stern zum Gegenstande einer eingehenden Untersuchung gemacht.[1]) Aus allen vorhandenen Beobachtungen von 1870 Juli 14 (von Dr. Engelmann zu Leipzig) bis 1897 September 28 (zu Bamberg) findet Dr. Hartwig die Dauer der Periode zu 3 Tagen $23^h\ 49^m\ 32.7^s$; Ungleichmässigkeiten dieser Dauer sind bis jetzt nicht nachweisbar. Der Verlauf des Lichtwechsels selbst ist nach seinen Erfahrungen bisher ebenfalls ein gleichmässiger. Jedoch war, bemerkt Dr. Hartwig, seit 1894 noch keine Gelegenheit geboten, ihn in allen Phasen des abnehmenden und zunehmenden Lichtes in einem Stücke ganz zu verfolgen. Diese Gelegenheiten sind überhaupt sehr selten und dann auf kleine nördliche und südliche Breiten beschränkt. Die Dauer der Lichtänderung beträgt nahe neun Stunden. Da die Deklination des Sternes $+ 15^0$ ist, erreicht sein Tagbogen nur für nördliche Breiten grössere Werte als zwölf Stunden, aber in einer für zuverlässige Beobachtungen geeigneten Höhe über dem Horizonte befindet er sich weit kürzere Zeit. Im günstigsten Falle, wenn diese Zeit die Dauer der ganzen Lichtänderung erreicht, muss der Stern gleichzeitig zu beiden Seiten des Meridians beobachtet sein, also dann, wenn er um Mitternacht kulminiert. Die Kulmination des Sternes um Mitternacht fällt aber auf die Zeit des Sommersolstitiums, in der die nördlichen Breiten ihre kürzesten Nächte haben. Es sind daher zur Beobachtung des ganzen

[1]) XVII. Bericht der naturforschenden Gesellsch. zu Bamberg 1900.

Verlaufes der Lichtänderung nur Punkte der Erdoberfläche geeignet, die kleine nördliche oder südliche Breite haben. Das Jahr 1900 bringt solchen Punkten, aber nur denen, die etwa eine Stunde westliche Länge von Greenwich haben, günstige Beobachtungsgelegenheiten, indem die Hauptminima im Juni und Juli nahe auf ihre Mitternacht fallen. Die nördlichern Sternwarten können diese Hauptminima noch sehr sicher aus beiden Zweigen der Lichtkurve bestimmen, aber Anfang und Ende der Lichtänderung fallen für sie in den Tag.

Die sekundären Minima anderseits erregen durch ihr scheinbar wechselvolles Verhalten Zweifel an der Möglichkeit einer gleichmässigen Periode auch für die Hauptminima. Ihre Beobachtung und Bestimmung ist bei ungünstigen klimatischen Verhältnissen wegen des geringen Betrages der Lichtänderung, die sich über viele Stunden hin erstreckt, sehr schwer und unsicher. Zur Klarstellung dieser Sache macht Dr. Hartwig eindringlich auf die in diesem Jahre (1900) gebotene Gelegenheit zu Beobachtungen des Sternes aufmerksam. Man kann sich dazu einer von ihm aus der Bonner Karte kopierten Sternkarte bedienen. Dieselbe bezeichnet die Vergleichssterne, und man kann mit Hilfe derselben den Veränderlichen Z von α Ophiuchi aus leicht mit dem Fernrohre auffinden.

»Was den Lichtwechsel selbst anbetrifft,« sagt Dr. Hartwig, »so ändert der Stern in den Hauptminimis seine Helligkeit um 1.2 Grösse, indem er von der normalen konstanten Helligkeit, in der um 0.2 m (m = Grössenklasse) heller als Stern a ist, bis zur Helligkeit des Sternes b abnimmt, der in der Bonner Durchmusterung als 8.0 m bezeichnet ist und nach meinen Messungen am Zöllner'schen Photometer um 1.00 m schwächer als α und um 0.78 schwächer als β ist. Qie Potsdamer Messungen geben dem Sterne α die Helligkeit 7.32 m und dem Sterne β 7.55 m, mithin folgen hieraus für b die Helligkeiten 8.32 m und 8.33 m. Der Unterschied von α und β ergiebt sich aus den Potsdamer Messungen zu 0,23 m, aus meinen zu 0.22 m.

In den sekundären Minimis des Jahres 1897 war die Minimalhelligkeit von Z Herculis niemals geringer und meist völlig gleich wie β, also 7.55 m.«

Über die Art der Lichtänderung, die Form der Lichtkurve hat Dr. Hartwig nur seine eigenen Beobachtungen zu Rate ziehen können. Er sagt u. a.: »Über das zunehmende Licht kann bis heute noch keine vollständige Beobachtung vorhanden sein. Im Jahre 1894 und 1897 ging der Stern im Spätsommer für Europa und 1895 in der gleichen Jahreszeit für Amerika unter, ehe er seine Maximalhelligkeit nach einem Minimum erreicht hatte und im Spätfrühlinge und Sommer fiel das zunehmende Licht in die Tageszeit. Im Sommer 1896 und 1899 fiel das Minimum auf solche Nachmittagsstunden für Europa, dass bei Eintritt der Nacht der Stern schon nahe die

volle Helligkeit wiedererlangt hatte. Da die Periode um einen Betrag kürzer als vier volle Tage ist, der in drei Jahren (d. i. in 274 Epochen) fast zu vollen zwei Tagen anwächst, so fallen die Minima alle drei Jahre nahe auf gleiche, und zwar um eine Viertelsunde spätere Tagesstunden, so dass die Beobachtungsverhältnisse der jedesmal dritten auf 1894 folgenden Jahre für die mitteleuropäischen und amerikanischen Orte immer ungünstiger werden, während es noch etwa 33 Jahre dauert, bis die Minima der auf 1896 folgenden je dritten Jahre günstig zu liegen kommen.

»Trotz der Unvollständigkeit der Beobachtungen des zunehmenden Lichtes ergaben doch mit ziemlicher Bestimmtheit meine Helligkeitsschätzungen von 1894 für dasselbe einen raschern Verlauf als für die Abnahme. Im kleinsten Lichte verharrt der Stern in den Hauptminimis mehr als eine Stunde lang (66^m). Für die Dauer der Abnahme dürfte wohl $4^1/_2$—5 Stunden als wahrscheinlichster Wert anzunehmen sein. Die Lichtzunahme, für die, wie gesagt, noch keine vollständige Beobachtung vorliegt, erfordert etwa vier Stunden. Zusammen beträgt daher die Hauptunterbrechung des konstanten hellsten Lichtes zwischen neun und zehn Stunden.

In den Nebenminimis währt die Unterbrechung zwischen sechs und sieben Stunden.

Sind diese Nebenminima reelle Erscheinungen, so deutet dieser Unterschied in der Dauer gegenüber den Hauptminimis auf eine starke Exzentrizität der Bahn eines diese Lichtänderungen durch Verdecken und Verstecken hervorrufenden Trabanten, deren Betrag sich aus dem Verhältnisse beider Zeiten ermitteln lässt, wenn die Annahme gemacht wird, dass die grosse Axe der Bahnellipse auf den Beschauer gerichtet ist.«

In dem zweiten Hauptteile seiner Untersuchungen beschäftigt sich Dr. Hartwig mit der Bahnberechnung des Doppelsternsystemes, welches Z Herculis und sein die Lichtschwankungen verursachender Begleiter bildet. Das Ergebnis derselben lautet dahin, dass bei diesem Sterne wie bei Algol die Lichtveränderung dem Vorübergange eines dunklen Begleiters genau entspricht. Die Neigung der Bahnebene gegen die zur Gesichtslinie senkrechte Projektionsebene ist nahe 90 Grad, und es findet daher eine vollständige Projektion des einen Körpers auf den andern bei den Vorübergängen statt. Diese vollständige Projektion, für welche die Minimalhelligkeiten die zugehörigen Lichtintensitäten ergeben, liefert in Verbindung mit der Lichtintensität des Maximums, d. h. der getrennten leuchtenden Scheiben, das Verhältniss der Halbmesser beider Körper.

Der Trabant hat 0.816 vom Durchmesser des Hauptsternes, der Halbmesser der Bahn des Trabanten ist 5.947 mal so gross als der Halbmesser des Hauptsternes, die Exzentrizität der Bahn beträgt 0.2026.

Lägen spektrographische Bestimmungen der Eigenbewegung von Z Herculis vor, so liesse sich eine direkte Berechnung der Masse,

der absoluten Dimensionen dieses Sternes, seines Begleiters und der Bahn ausführen. Solche liegen aber nicht vor. Bis dahin kann nur unter gewissen Voraussetzungen über diese Grössen etwas ermittelt werden. In Anlehnung an die Bestimmungen über Algol von Pickering und von Gyldén über die durchschnittliche Parallaxe der Sterne zweiter Grösse und unter Voraussetzung der gleichen Dichte beider Körper des Systems von Z Herkulis findet Dr. Hartwig für dieses:

»Der Algolveränderliche Z Herkulis ist ein Doppelsternsystem, dessen beide Komponenten den Kugelhalbmesser haben: Hauptstern 7 550 000 Kilometer mit der Masse = 172 Sonnenmasse und der mittlern Dichte 0.117; Trabant 6 160 257 Kilometer mit der Masse = 94 Sonnenmassen und der mittlern Dichte 0.117 mit einem Abstande ihrer Zentren von 45 296 000 Kilometern und in 3 Tagen 23 Stunden 49 Minuten 32.7 Sekunden einen Umlauf um einander vollenden. Der Abstand des Hauptkörpers vom gemeinsamen Schwerpunkte würde bei dem Massenverhältnisse 16 607 000 Kilometer betragen.

Spektrographische Beobachtungen liegen wegen der relativen Lichtschwäche noch nicht vor, sind aber von dem neuen grossen Refraktor in Potsdam zu erhoffen. Sie werden, wie es bei Algol der Fall war, die Bahngeschwindigkeit kleiner ergeben, als sie aus diesen Annahmen folgt, nämlich für den Hauptkörper v = 303 Kilometer und für den Trabanten 557 Kilometer in der Sekunde, und damit auch die Voraussetzungen nicht unbeträchtlich modifizieren.

Ein neuer veränderlicher Stern der Algolklasse ist von Madame L. Ceraski auf Photographien, die an der Moskauer Sternwarte aufgenommen waren, entdeckt worden.[1]) Der Ort des Sternes (für 1900.0) ist α 19^h 42^m 43.4^s δ + 32° 27′ 34″. Die bisherigen Aufnahmen ergaben als Dauer der Periode 6^d 0^h 9.4^m. Der Stern ist gewöhnlich etwa 10. Grösse, im Minimum sinkt er bis zur 12. Grösse oder darunter.

Die durchschnittliche Dichtigkeit der veränderlichen Sterne des Algoltypus. G. Norris hat eine Formel entwickelt, welche gestattet, einen obern Grenzwert für die mittlere Dichte eines Veränderlichen der Algolklasse zu berechnen[2]) unabhängig von den Dimensionen des Systems, sobald nur die Dauer der Lichtänderung und die Zeitdauer von einem zum nächsten Lichtminimum, also die Länge der Periode bekannt ist. Indem er seine Berechnungsmethode auf die 17 bis dahin bekannten Veränderlichen der Algolklasse anwendet, findet er als Durchschnittswert für die mittlere Dichte derselben 0.20 der Dichte des Wassers. Obgleich man nicht vergessen

[1]) Astron. Nachr. No. 3614.
[2]) Astrophysical Journal 10. p. 315.

darf, dass dieses Resultat überhaupt nur unter gewissen einschränkenden Bedingungen Gültigkeit hat, ist es immerhin sehr merkwürdig. Allerdings hängt die Genauigkeit der Berechnung in hohem Grade auch von der genauen Ermittelung der Dauer der Lichtänderung ab. Würde z. B. diese Dauer bei Algol nicht $9^1/_4$ Stunden betragen, sondern, wie Prof. Vogel für möglich hält, nur $6^1/_2$ Stunden, so würde dadurch das Rechnungsergebnis für die mittlere Dichte der beiden Sterne des Systems einen fast doppelt so grossen Wert liefern. Ferner ist es nicht wahrscheinlich, dass die Bahnen der Sterne dieser Systeme völlig kreisrund sind, für elliptische Bahnen aber werden im allgemeinen die Werte für die mittlern Dichtigkeiten grösser ausfallen müssen. Die Sterne des Algoltypus: Z Herculis, Y Cygni und RS Sagittarii zeigen neben dem Hauptminimum des Lichtes innerhalb jeder Periode noch ein sekundäres Minimum. Nimmt man für die Dauer des Lichtwechsels (der Verfinsterung des einen durch den andern Stern) den Mittelwert aus der Zeitdauer des Haupt- und des sekundären Minimums, so wird der Einfluss der Elliptizität der Bahn auf das Resultat der Berechnung nahezu eliminiert. Da nun Dunér[1]) und Alex. Roberts[2]) gezeigt haben, dass in diesen Systemen die Komponenten merklich gleich an Grösse und die Vorübergänge zentral sind, so werden die berechneten mittlern Dichten doch ziemlich der Wahrheit nahe kommen. Für Z Herculis findet Russell die mittlere Dichte zu 0.728, für Y Cygni zu 0.212, für RS Sagittarii zu 0.086, wenn die Dichte des Wassers = 1.000 gesetzt wird. Immerhin bleiben also diese Dichten erheblich hinter der mittlern Dichte unserer Sonne zurück, und man darf wohl schliessen, dass die Veränderlichen des Algoltypus eine Klasse von Fixsternen bilden, deren mittlere Dichte erheblich geringer als diejenige der Sonne ist, ja möglicherweise weniger als $^1/_4$ derselben beträgt. Bestehen jene Sterne aus einem Kerne, der von einer mächtigen leuchtenden Atmosphäre umgeben wird, so muss dieser Kern natürlich entsprechend dichter sein.

Die Sterne des IV. Spektraltypus und die veränderlichen Sterne des III. Typus in ihrer Lage zur Milchstrasse bildeten den Gegenstand einer Untersuchung von T. E. Espin.[3]) Auf zwei Sternkarten wurde die Mittellinie der Milchstrasse als grösster Kreis eingetragen und diesem parallel kleinere Kreise in Abständen von je 10° gezeichnet, welche die »galaktischen« Breiten bezeichnen, und ebenso wurden auch die Linien für die »galaktischen« Längen entworfen. Nachdem dann in diese Sternkarte die Sterne des IV. Typus eingetragen wurden, liess sich leicht feststellen, wie dieselben, nach »galaktischen« Längen und Breiten verteilt sind.

---

1) Astrophysical Journal 1. p. 265.
2) Ibid. p. 373.
3) Astrophysical Journal 10. p. 169.

In Bezug auf die »galaktische« Länge fand sich keine besondere Gruppierung mit Ausnahme des Umstandes, dass die in Rede stehenden Sterne in der Konstellation des Schwanes sehr zahlreich sind. In Bezug auf den Abstand von der Ebene der Milchstrasse oder die »galaktische« Breite fand sich dagegen die Angabe von Dunér ganz und gar bestätigt. Die nachstehende Tabelle enthält die von Espin gefundene Verteilung dieser Sterne in Bezug auf die »galaktischen« Breiten:

Galaktische Breite	Zahl der Veränderlichen des IV. Spektraltypus		
	am Nordhimmel	am Südhimmel	zusammen
0—10°	60	63	123
10—20	24	19	43
20—30	15	12	27
30—40	4	9	13
40—50	7	1	8
50—60	1	4	5
60—70	1	1	2
70—80	2	0	2
80—90	0	1	1
total	114	110	224

Sonach entfallen auf die Zone innerhalb 20° nördlich und südlich von der Ebene der Milchstrasse volle 74% aller Sterne des IV. Spektraltypus, eine Verteilung, die ganz und gar nicht zufällig sein kann.

In ähnlicher Weise hat Espin auch die Verteilung der veränderlichen Sterne des III. Spektraltypus untersucht, dabei aber die Sterne von geringem Lichtwechsel und diejenigen, in deren Spektrum die Wasserstofflinien nicht hell erscheinen, unberücksichtigt gelassen. Das Ergebnis dieser Untersuchung zeigt die folgende Tabelle:

Galaktische Breite	Zahl der Veränderlichen des III. Spektraltypus		
	am Nordhimmel	am Südhimmel	zusammen
0—10°	25	23	48
10—20	29	25	54
20—30	32	33	65
30—40	17	29	46
40—50	10	14	24
50—60	17	15	32
60—70	10	3	13
70—80	1	4	5
80—90	1	5	6
total	142	151	293

Aus dieser Tabelle ergiebt sich nach Espin, dass diese veränderlichen Sterne eine Tendenz zu grösserer Häufigkeit an den Rändern der Milchstrasse zeigen. Indessen ist dieser Schluss angesichts der offenbar sehr unregelmässigen Verteilung dieser Sterne auf die neun galaktischen Parallelzonen doch sehr gewagt. Fasst man von obigen Zonen je drei zusammen, so findet man für den ganzen Himmel folgende Zahlen der Häufigkeit der in Rede stehenden Veränderlichen:

Galaktische Breite	Zahl der Veränderlichen am ganzen Himmel
0—30°	167
30—60	102
60—90	24

Bei zufälliger Verteilung dieser Sterne würde ihre Anzahl in den einzelnen Zonen sein resp. 146, 107, 39. Die Unterschiede sind also gering. Anderseits zeigt sich eine bestimmte Tendenz zu häufigem Vorkommen dieser Sterne in den Sternbildern Delphin, Schwan, Kl. Hund, Wage und Schütze. Während also die Sterne des IV. Spektraltypus ganz bestimmt eine gewisse Beziehung der Lage zur Ebene der Milchstrasse haben, ist dies für die Veränderlichen des III. Typus zweifelhaft, aber diese scheinen in verschiedenen Richtungen gruppenweise häufiger aufzutreten.

Der Lichtwechsel veränderlicher Sterne in Sternhaufen. Prof. Edw. Pickering teilt interessante neue Thatsachen über die Helligkeitsänderung von Sternen in Sternhaufen mit.[1])

Schon früher hat er darauf hingewiesen, dass das Verhältnis der veränderlichen Sterne zu den nichtveränderlichen in dem Sternhaufen Messier 3 (in den Jagdhunden, α 13^h 38^m δ $+$ 28^0 $53'$) grösser ist als bei irgend einem andern Sternhaufen. Da das Objekt indessen für Arequipa niedrig über dem Horizonte steht, und die Sterne sehr lichtschwach sind, so erfordert seine photographische Aufnahme dort am 13-zolligen Boyden-Refraktor nicht weniger als 90 Minuten Exposition. Da aber anderseits der Lichtwechsel mehrerer dieser Sterne sehr rasch ist, so sind behufs Bestimmung desselben Aufnahmen von kürzerer Expositionsdauer notwendig. Auf Ersuchen von Prof. Pickering hat deshalb Prof. James E. Keeler auf der Lick-Sternwarte mit dem grossen Crossley-Reflektor eine Reihe photographischer Aufnahmen dieses Sternhaufens ausgeführt. Dieselben wurden am 20. und 21. Mai 1900 erhalten, die erste Platte mit 60 Minuten Expositionsdauer, darauf 24 Platten mit je 10 Minuten. Die Untersuchung dieser Platten ist von Prof. Bailey ausgeführt worden und hat folgende Ergebnisse geliefert.

Es wurden drei Veränderliche, welche die Nummern 11, 96 und 119 führen, geprüft, auf Platten, welche nach M. Greenw. Zeit von 17^h 42^m 46^s — 20^h 24^m 18^s in der Nacht des 20. Mai und

[1]) Harvard College Observatory Circular No. 52.

von $17^h\ 2^m\ 38^s$ — $20^h\ 53^m\ 27^s$ in der folgenden Nacht exponiert waren. Diese Zeiträume umfassen für jeden der drei bezeichneten Sterne wenigstens einmal das ganze Intervall vom Minimum bis zum Maximum seiner Helligkeit in jeder Nacht. Die nämlichen Sterne wurden auf 49 Platten untersucht, welche zu Arequipa in den Jahren 1895—1899 erhalten waren, und aus dem sämtlichen Materiale folgende Perioden des Lichtwechsels abgeleitet:

Stern No. 11	$12^h\ 12^m\ 25^s$
Stern No. 96	12 0 15
Stern No. 119	12 24 31

Bei der folgenden Untersuchung über die Lichtzunahme dieser Sterne sind dagegen nur die von Prof. Keeler in der Nacht des 21. Mai erhaltenen Aufnahmen mit 10 Minuten Exposition benutzt worden.

Die Helligkeitsbestimmungen geschahen dabei nach Argelander's Methode durch Schätzung von Unterschieden gegen benachbarte Sterne. Der kleinste noch wahrnehmbare Helligkeitsunterschied wird dabei als eine Stufe bezeichnet, und im allgemeinen entsprechen zehn Stufen dem Unterschiede einer Grössenklasse.

Es fand sich, dass die totale Lichtzunahme des Sternes No. 11 17.5 Stufen in 70 Minuten Zeit beträgt, des Sternes No. 96 16.7 Stufen in 60 Minuten und des Sternes No. 119 17.0 Stufen in 80 Minuten. Die grösste Lichtzunahme während eines Zeitintervalles von 5 Minuten beträgt 1.9 Stufen bei dem Sterne No. 11; 2.5 Stufen bei dem Sterne No. 96, 1.5 Stufen bei dem Sterne No. 119. Während 80 Minuten nimmt No. 11 um 10.9 Stufen an Licht zu oder 21.8 Stufen pro Stunde; ebenso No. 96 25.6 Stufen pro Stunde und No. 119 17.2 Stufen pro Stunde. Die grösste Geschwindigkeit der Lichtzunahme steigt bei dem Sterne No. 96 auf mehr als $2\frac{1}{2}$ Grössenklassen pro Stunde, die rascheste Lichtänderung, welche bis jetzt bei irgend einem Veränderlichen bekannt ist. Zu Beginn und gegen Ende der Lichtzunahme geschieht dieselbe indessen relativ langsam. Im allgemeinen findet sich, dass die Dauer der Periode und die Art des Lichtwechsels bei diesen Sternen ähnlich ist wie bei manchen Veränderlichen in dem Sternhaufen Messier 5 und ω Centauri. Mehrere andere Veränderliche in dem Sternhaufen Messier 3 haben ebenfalls Perioden, deren Dauer etwa einen halben Tag beträgt.

J. J. Wilsing's Untersuchungen über das Spektrum des neuen Sternes im Fuhrmann (1892). Von den sogenannten »neuen« Sternen hat keiner eine so reiche Ausbeute an spektroskopischen Untersuchungen geliefert als die Nova Aurigae, welche in den Frühstunden des 24. Januar 1892 von Dr. Anderson entdeckt wurde. Diese spektroskopischen Beobachtungen ergaben das merkwürdige Resultat, dass in dem Spektrum der Nova zahlreiche Doppellinien vorhanden waren, bestehend aus einer hellen und einer

an der brechbarern Kante derselben sichtbaren dunklen Linie. Die Deutung dieses Doppelspektrums ging unter Bezugnahme auf das sogenannte Doppler'sche Prinzip dahin, dass es sich bei dem Vorgange, welcher das Aufleuchten der Nova zur Folge hatte, um Kollisionen zweier (oder mehrerer) kosmischen Massen handle, wobei einem der Sterne ein Spektrum mit hellen, dem andern ein solches mit dunklen Linien zuzuschreiben sei. Diese Deutung führte auf relative Geschwindigkeiten beider Körper von 150—200 geogr. Meilen in der Sekunde, und da diese monatelang unverändert fortdauerten, musste man notwendig ungeheuer grosse Massen des in Glut geratenen Sternsystems annehmen. Diese Schwierigkeit wäre nicht unüberwindlich gewesen, allein der Umstand, dass die 1893 erschienene Nova Normae ebenfalls ein Doppelspektrum zeigte, das aus hellen und dunklen in gleicher Richtung, wie bei der Nova Aurigae gegeneinander verschobenen Linien bestand, ferner, dass der Stern P Cygni (die im Jahre 1600 sichtbar gewordene und noch heute vorhandene Nova) ähnliche Doppellinien zeigt, musste Bedenken gegen die Richtigkeit der angegebenen Deutung dieser Doppelspektra erregen. Unter diesen Umständen ist die von Prof. J. Wilsing durchgeführte Untersuchung der Frage von grösster Wichtigkeit: »ob sich nicht das anscheinend für die Neuen Sterne typische Spektrum physikalisch als eine durch die besondern Umstände der Lichtentwickelung bedingte Modifikation des normalen Spektrums auffassen lässt.« Über die Ergebnisse seiner Untersuchung hat Prof. Wilsing bereits vor einiger Zeit in Kürze berichtet. Ausführlich legt er dieselben nun in den »Publikationen des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam«[1]) dar, auf die an dieser Stelle näher eingegangen werden soll.

»Wenn man«, sagt Prof. Wilsing, »im Anschlusse an die Zöllner'sche Hypothese annimmt, dass die Nova am Ende der Vogel'schen typischen Entwickelungsreihe der Fixsterne angelangt sei, so muss man folgern, dass sich in dem weit vorgeschrittenen Stadium der Abkühlung die schwerer flüchtigen Metalle bereits aus der Atmosphäre zum grössten Teile niedergeschlagen haben, und dass letztere ausser Wasserstoff und andern gasförmigen Elementen schon chemische Verbindungen enthält. In dieser gasförmigen Hülle kann trotz der niedrigen Temperatur besonders infolge elektrischer Entladungen Lichtentwickelung stattfinden, da E. Wiedemann's[2]) Versuche gezeigt haben, dass die Temperatur der in Geissler'schen Röhren leuchtenden Gase unter Umständen noch nicht 100° C. beträgt. Übereinstimmend damit fand Hasselberg,[3]) als er Drähte von einer

---

[1]) No. 40. 12. 2. Stück.

[2]) Über das Leuchten der Gase durch elektrische Entladungen. Wied. Ann. 6.

[3]) Über das durch elektrische Erregung erzeugte Leuchten der Gase — Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg. 27'

Funkenstrecke zu den äussern Stanniolbelegungen einer elektrodenlosen Geissler'schen Röhre führte, also die Röhre zwischen die Endplatten eines Hertz'schen primären Leiters brachte, dass die mit der Lichtentwickelung verbundene Temperaturerhöhung bei Wasserstoffgas nur etwa 10 — 20° C. betrug, und schloss aus diesen Versuchen, dass das Leuchten der Nebelmaterie wohl als eine elektrische Strahlung betrachtet werden dürfe, ebenso wie er durch die Vergleichung des Flammenspektrums mit dem elektrischen Spektrum der Kohlenwasserstoffe zu der Annahme einer elektrischen Strahlung bei den Kometen geführt wurde. Später hat durch die Hertz'sche Entdeckung elektrischer Ätherwellen und ihrer nahen Beziehung zu den Lichtwellen die Annahme einer elektromagnetischen Strahlung im Weltraume eine weitere Stütze gewonnen. Besonders eingehend hat E. Wiedemann[1]) alle hierher gehörigen, von ihm Lumineszenz genannten Leuchtprozesse, also die Elektrolumineszenz-, Fluoreszenz- und Phosphoreszenzerscheinungen untersucht, welche ohne entsprechende Temperatursteigerung durch Einwirkung äusserer Ursachen zustandekommen. Nach den Versuchen von E. Wiedemann und G. C. Schmidt[2]) scheint fast allen Körpern ein gewisser Grad von Fluoreszenzvermögen zuzukommen, und zeigen nicht nur organische Substanzen in gasförmigem, flüssigem und festem Zustande Fluoreszenzerscheinungen, sondern auch zahlreiche anorganische Körper entwickeln intensive Kathodolumineszenz. Von besonderem Interesse ist aber, dass auch Natrium- und Kaliumdämpfe hell zu fluoreszieren vermögen, nachdem bereits von Lommel[3]) diese Eigenschaft für Joddampf nachgewiesen hatte, und dass im Fluoreszenzspektrum des Natriums ausser einem kannelierten Bande auch die gelbe Doppellinie auftritt. Auch im Elektrolumineszenzspektrum wurde ein ähnliches Band beobachtet, wenn die Dämpfe durch oszillatorische Entladungen zum Leuchten gebracht wurden. Für alle diese Erscheinungen verliert der Kirchhoff'sche Satz über das Verhältnis von Emission und Absorption seine Gültigkeit, da die von den lumineszierenden Substanzen ausgehenden Strahlen meist weniger brechbar sind, als die absorbierten. Infolgedessen rückt das Emissionsspektrum mit Bezug auf das Absorptionsspektrum nach dem wenig brechbaren Ende hin, und es entstehen Doppelbänder wie sie im Spektrum der Nova beobachtet worden sind . . .«

Für die Lumineszenzprozesse, welche bisher zur Erklärung der Doppellinien im Spektrum der Nova herangezogen wurden, hat das

---

1) Über Fluoreszenz. Wied. Ann. 34. — Zur Mechanik des Leuchtens. Wied. Ann. 37.

2) Über Lichtemission organischer Substanzen in gasförmigem, flüssigem und festem Zustande. Wied. Ann. 56. — Über Lumineszenz von festen Körpern und festen Lösungen. Wied. Ann. 56. — Beiträge zur Kenntnis der Fluoreszenz des Natrium- und Kaliumdampfes und Bedeutung dieser Thatsache für die Astrophysik. Wied. Ann. 57.

3) Die Fluoreszenz des Joddampfes. Wied. Ann. 19.

Kirchhoff'sche Gesetz, wie bereits hervorgehoben wurde, keine Gültigkeit. Dagegen kann man, von den durch Drucksteigerung bewirkten Verschiebungen ausgehend, auch zu einer Erklärung der Doppellinien gelangen, welche mit dem Kirchhoff'schen Gesetze nicht in Widerspruch steht. Mit den geringen Änderungen der Wellenlängen, welche Humphreys und Mohler bei zwölf Atmosphären Druck (durchschnittlich 0.005 $\mu\mu$) beobachteten, lassen sich allerdings die mehrere Hundert Male grössern Linienverschiebungen im Spektrum der Nova nicht vergleichen, da nach Vogel die relative Verschiebung der hellen und dunklen Linien 1 — 2 $\mu\mu$ betrug.

Quantitativ durchaus vergleichbare Verschiebungen habe ich[1]) indessen im Spektrum der Funkenentladung zwischen Metallelektroden in Flüssigkeiten gefunden. Die starken Spannungen, welche bei den explosionsartigen Entladungen auftreten, bewirken, dass die Linien zu breiten Bändern ausgezogen und zugleich so stark nach Rot verschoben werden, dass sie in einzelnen Fällen ganz ausserhalb der Linien im normalen Spektrum der Funkenentladung liegen. Von besonderem Interesse sind aber in diesen Spektren zahlreiche Doppellinien, welche mit den Linien im Spektrum der Nova grosse Ähnlichkeit haben, insofern in beiden Fällen die helle Linie weniger brechbar ist, als die dunkle. Diese Doppellinien lassen sich nun vom Standpunkte des Kirchhoff'schen Gesetzes durch Schichtenbildung erklären, wenn die Strahlung der heissen und stark komprimierten Gasmassen in der Nähe der Elektroden, welche ein Spektrum mit stark verschobenen und verbreiterten Linien liefern, durch kühlere und unter geringerem Drucke stehende Gasschichten absorbiert wird.«

Sonach kann man die Entstehung von Doppellinien im Spektrum der Nova auf zwei verschiedene Arten physikalisch erklären, nämlich erstens durch mechanische Drucksteigerung in der Umgebung der leuchtenden Moleküle und Schichtung verschieden heisser und dichter Gasmassen und zweitens durch Lumineszenzstrahlung bei niedriger Temperatur.

Wenn die Duplizität der Wasserstofflinien im Spektrum der Nova als eine Folge hohen Druckes betrachtet wird, so ergiebt sich, wie Prof. Wilsing des Nähern zeigt, als notwendige Konsequenz, dass die Temperatur der Photosphäre eine verhältnismässig niedrige gewesen ist. »Daher konnten im allgemeinen die Dämpfe der schwerflüchtigen Metalle nicht bestehen, obwohl das Vorkommen lokaler, den Protuberanzen ähnlicher Anhäufungen aus der Tiefe emporgerissener Metalldämpfe nicht auszuschliessen ist. Nach Campbell sind nur anfänglich Natriumdämpfe in glühendem Zustande vorhanden gewesen; bald verschwand aber die gelbe Linie des Natriums im Sternspektrum, und es trat eine etwas brechbarere Linie hervor,

---

[1]) Sitzungsber. der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 24. 1899.

die mit einer der hellsten Linien im Wasserstoffspektrum nahe zusammenfiel. Eine ganz analoge Veränderung des Spektrums wurde aber von Vogel[1]) beim Kometen Wells beobachtet, insofern mit dem Aufleuchten der Natriumlinien in der Sonnennähe eine merkliche Helligkeitsabnahme der Kohlenwasserstoffbänder verbunden war. Diese Verdrängung[2]) des einen Spektrums durch das andere ist für die elektrische Lichtentwickelung charakteristisch, und nach Hasselberg[3]) leiten in einem Gemisch von Kohlenwasserstoff- und Natriumdämpfen wesentlich letztere die Entladung, während die Anwesenheit von Natriumdampf in der Kohlenwasserstoffflamme die Entwickelung des Kohlenwasserstoffspektrums in keiner Weise beeinträchtigt. Unter der Annahme, dass die Temperatur in der Photosphäre der Nova verhältnismässig niedrig gewesen ist, hat man hier an spannungslose Glimmentladungen zu denken, welche zugleich die Bildung des vollständigen Wasserstoffspektrums begünstigen.« Prof. Wilsing hat deshalb eine Vergleichung des Spektrums der Photosphäre und des Wasserstoffspektrums vorgenommen und zeigt, dass thatsächlich ausser der eben erwähnten gelben Linie zahlreiche charakteristische Linien des Wasserstoffspektrums mit Linien im Spektrum der Nova zusammenfallen.

Ferner hat er spezielle Untersuchungen über die Veränderungen angestellt, welche das Wasserstoffspektrum in Geissler'schen Röhren bei verschiedenem Druck und verschiedener Art der Lichterregung der Röhren erfährt. Aus den mit allen Details mitgeteilten Bestimmungen ergiebt sich eine merkliche Verschiebung, die nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums gerichtet ist, sobald der Druck zunimmt. Bei der Identifizierung der Linien im Spektrum der Nova Aurigae berücksichtigt Prof. Wilsing, von der entwickelten Hypothese ausgehend, nur das Wasserstoffspektrum, das Spektrum der Chromosphäre und das Spektrum der leichtflüchtigen Metalle Natrium und Magnesium. Ferner beschränkt er sich bei der Vergleichung auf die hellsten Linien, resp. Liniengruppen in beiden Spektren, da auf die Übereinstimmung der zahlreichen, von einzelnen Beobachtern gemessenen schwächern Linien bei der grössern Unsicherheit ihrer Bestimmung im Spektrum der Nova und bei dem Linienreichtume des Wasserstoffspektrums weniger Gewicht zu legen ist. Denjenigen Teil der Verschiebungen der Linien, welcher nach dem Doppler'schen Prinzip als eine Folge der Bewegung der Nova in der Richtung des Visionsradius anzusehen ist, vernachlässigt er

---

[1]) Über das Spektrum des Kometen Wells. Astron. Nachr. 102. Fernere Beobachtungen über das Spektrum des Kometen Wells. Astron. Nachr. 102.

[2]) E. Wiedemann, Untersuchungen über die Natur der Spektra. Wied. Ann. 5.

[3]) Über die Spektra der Kometen und ihre Beziehungen zu denjenigen gewisser Kohlenverbindungen. Mém. de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg. 28.

als unmerklich gegenüber den Änderungen der Wellenlängen, welche auf physikalische Ursachen zurückzuführen sind.

Wilsing giebt in einer Tabelle eine Zusammenstellung der Wasserstofflinien nach Ames und Hasselberg und nach seinen eigenen Messungen, sowie die Wellenlängen einiger dem Chromosphären- und Cleveïtgase angehöriger Linien, endlich die von Vogel im Spektrum der Nova bestimmten Wellenlängen von Linien und Streifen. »Die in Potsdam angefertigten Spektrogramme der Nova umfassen den von λ 380 $\mu\mu$ bis λ 490 $\mu\mu$ reichenden Teil des Spektrums. Berücksichtigt man nur die hellsten Linien in diesem Teile des Wasserstoffspektrums, also abgesehen von den Hauptlinien die Linien bei λ 407 $\mu\mu$, λ 416 $\mu\mu$, λ 418 $\mu\mu$, λ 421 $\mu\mu$, λ 456 $\mu\mu$, λ 458 $\mu\mu$, λ 463 $\mu\mu$ und λ 493 $\mu\mu$, so ergiebt sich, dass allen diesen Linien mit Ausnahme von λ 421 $\mu\mu$ helle Bänder im Sternspektrum entsprechen, wenn auch die Linien bei λ 463 $\mu\mu$ und λ 493 $\mu\mu$ besser mit hellen Chromosphärenlinien übereinstimmen. Indessen liegt letztere Linie, welche von Vogel nur auf einer Platte gemessen worden ist, dicht am Ende des Spektrums, wo die Empfindlichkeit der Schicht nach Rot rasch abnimmt, so dass bei der Breite der Linie eine scheinbare Verschiebung der Linienmitte nach Violett nicht ganz ausgeschlossen ist.

Im optischen Teile des Spektrums der Nova entsprechen die Linien bei λ 501.7 $\mu\mu$ und λ 588.6 $\mu\mu$ den besonders charakteristischen Gruppen des Wasserstoffspektrums im Grün und Gelb, während die Linien bei λ 516.7 $\mu\mu$, λ 531.7 $\mu\mu$ und λ 705 $\mu\mu$ dem Magnesium-, Korona- und Cleveïtspektrum angehören dürften. Noch deutlicher tritt die Ähnlichkeit des Spektrums der Nova mit dem Spektrum des betreffenden Gasgemisches hervor bei Betrachtung der mit grösserer Zerstreuung angestellten Beobachtungen und Messungen von Becker, Belopolsky, Campbell, Huggins, Sidgreaves u. a.«

Wilsing stellt in einer Tabelle die von verschiedenen Beobachtern für die hellsten Linien im Spektrum der Nova gefundenen Wellenlängen mit denen von Linien des Wasserstoffspektrums zusammen. »Ganz besondere Aufmerksamkeit haben Sir William Huggins und Lady Huggins der Linie λ 501 $\mu\mu$ zugewandt. Durch Vergleichung mit dem Stickstoff- und dem Bleispektrum konnte zunächst festgestellt werden, dass die sehr breite Linie im Spektrum der Nova erheblich weniger brechbar war, als die Hauptnebenlinie, und ihr die Wellenlänge λ 501.4 $\mu\mu$ zukam. In der spätern Erscheinung der Nova Februar 1893 gelang es, die breite Linie in eine Liniengruppe aufzulösen.« Im Spektrum der Nova sind ferner die Koronalinie und einige andere hellere Chromosphärenlinien in der Nähe derselben gesehen worden; auch fallen einige Linien zwischen λ 554 $\mu\mu$ und λ 576 $\mu\mu$ nahe mit den Fundamentallinien Hasselberg's zusammen, welche als besonders leicht erkennbare Linien im Wasserstoffspektrum zu bezeichnen sind. »Von be-

sonderem Interesse ist aber die helle Gruppe bei λ 589 $\mu\mu$ im Sternspektrum, da hier die für den optischen Teil des zweiten Wasserstoffspektrums charakteristische Doppellinie liegt. Man darf wohl mit Sicherheit annehmen, dass diese Linie von mehrern Beobachtern gesehen worden ist, obwohl anfänglich auch die Natriumlinien sichtbar waren, und erst bei deren Verschwinden die Doppellinie des Wasserstoffspektrums deutlicher hervortrat. Endlich dürfte D_3, ebenso wie die gleichfalls dem Heliumspektrum angehörige Chromosphärenlinie λ 705 $\mu\mu$ im Spektrum der Nova vorhanden gewesen sein.«

Von den hellern Linien des Sternspektrums bespricht Wilsing noch die Linie bei λ 517 $\mu\mu$. »Huggins hat die Linie mit dem grünen Bande im Kohlenwasserstoffspektrum direkt verglichen und eine geringe Verschiebung der Intensitätsmaxima beider Objekte gefunden, wie sie auch in den Kometenspektren vorkommt; welchen wie dem Sternspektrum das rote und das gelbe Band des Kohlenwasserstoffes fehlen. Da von Becker, Campbell und Sidgreaves ausserdem Linien gemessen worden sind, die mit den Anfangslinien des blauen Kohlenwasserstoffes bei λ 474 $\mu\mu$ gut übereinstimmen, und da die Linie bei λ 431 $\mu\mu$ im Sternspektrum mit der Kante des violetten Kohlenwasserstoffbandes zusammenfällt, so ist das Vorhandensein von Kohlenwasserstoff in der Photosphäre der Nova nicht unwahrscheinlich. Indessen unterschied sich die Linie λ 517 $\mu\mu$ doch insofern wesentlich von dem Kohlenwasserstoffbande, als die nach Violett gelegene Kante der Linie schärfer begrenzt war, während bei den Kohlenwasserstoffbändern das Umgekehrte der Fall ist. Nun liegt ausser dem Kohlenwasserstoffbande noch die b-Gruppe des Magnesiumspektrums in der Nähe der Sternlinie, und zwar fiel letztere nach der Beobachtung von Huggins nahe mit dem brechbarern Paare zusammen, hatte aber sonst keine Ähnlichkeit mit dem erwähnten Triplet. Ebensowenig schien sie mit dem Bande des von Liveing und Dewar beschriebenen Magnesium-Wasserstoffspektrums identisch zu sein, da dessen Bänder, wie die Kohlenwasserstoffbänder nach Rot scharf begrenzt und nach Violett verwaschen sind. Indessen tritt nach Wilsing's Versuchen bei hohem Drucke, wie er beim Übergange des Funkens zwischen Magnesiumelektroden unter Wasser vorhanden ist, an die Stelle der b-Gruppe ein breites, nach Rot verwaschenes Band, dessen nach Violett gelegene, ziemlich scharf begrenzte Kante etwas brechbarer ist als b_3, und das deshalb nach Lage und Aussehen recht gut der Sternlinie entspricht. Da sich verschiedene Linien desselben Metallspektrums, wenn die Dämpfe unter hohem Drucke stehen, häufig ganz verschieden verhalten, so ist es nicht auffallend, wenn das Triplet des Magnesiumspektrums im Violett nicht sichtbar war.«

»In dem weniger brechbaren Teile des Spektrums der Nova ist besonders von Becker noch eine Reihe von Linien gemessen worden, die Hasselberg'schen Fundamentallinien entsprechen würden, wenn man annehmen wollte, dass die Wellenlängen von Becker in dieser

Gegend des Spektrums zu gross gemessen worden sind, wie auch die Wellenlängen der Linien λ 501 $\mu\mu$, λ 517 $\mu\mu$ und λ 531 $\mu\mu$ von Becker grösser angegeben werden als von andern Beobachtern.«

»In der Zeit bis zur zweiten Erscheinung hat das Spektrum der Nova bedeutende Veränderungen erfahren und war nach Campbell und von Gothard[1]) dem Spektrum der planetarischen Nebel sehr ähnlich geworden, unter der Voraussetzung einer der frühern entgegengesetzten Verschiebung der Linien im Sternspektrum von 0.5 $\mu\mu$ nach Violett. Die Vergleichung des Spektrums der Nova mit dem Spektrum der planetarischen Nebel ergiebt eine Übereinstimmung mit der hier entwickelten Hypothese insofern, als letztere die Lichtentwickelung in dieser Epoche gasförmigen Elementen mit Ausschluss von Metalldämpfen zuschreibt, welche bei verhältnismässig niedriger Temperatur lumineszieren. Doch dürfen die Unterschiede der Spektra in beiden Epochen im allgemeinen nicht als Änderung in der Verschiebung der Liniensysteme betrachtet werden, sondern sind auf Änderungen in der Zusammensetzung der leuchtenden Gasmassen zurückzuführen, wie sie mit der Abnahme von Temperatur und Spannung verbunden sind, und welche in ähnlicher Weise, wie es bei den Natriumlinien beobachtet wurde, das Verschwinden bestimmter Linien zur Folge hatten, während die Linien anderer Bestandteile an Intensität zunahmen.«

Neuer Stern im Adler. Prof. Pickering teilt mit, dass Mrs. Fleming auf Photographien vom April 1899 das Vorhandensein einer Nova im Adler nachgewiesen. Der Ort des Sternes ist Rektasz. = $19^h\ 15^m\ 16^s$ Dekl. = $-0^\circ\ 19'$. Er war anfangs 8. Grösse und erscheint gegenwärtig als Nebel 12. Grösse. Der Stern ist auf 16 Photographien enthalten.

In einer zweiten Mitteilung[2]) ergänzt Prof. Pickering seine Angaben in folgender Weise.

Der Stern findet sich nicht auf 96 Platten, die zwischen 21. August 1886 und 1. November 1898 erhalten wurden, obgleich diese Sterne 13. Grösse enthalten. Dagegen erscheint er auf 18 Platten aus der Zeit vom 21. April 1899 bis 27. Oktober 1899. Am 21. April war er 7. Grösse, am 27. Oktober dagegen 10. Grösse. Zwei Photographien, die am 7. und 9. Juli 1900 erhalten wurden, zeigen den Stern noch, aber seine photographische Helligkeit ist 11.5 Grösse. Eine am 3. Juli 1899 aufgenommene Photographie zeigt, dass das Spektrum des neuen Sternes demjenigen der frühern neuen Sterne gleicht, während eine am 27. Oktober 1899 erhaltene Photographie das Spektrum gleich demjenigen der Gasnebel zeigt. Am 9. Juli 1900 wurde das Objekt am 15-zolligen Refraktor von Prof. Wendell beobachtet; er schätzte den Stern 11.5—12. Grösse und bestätigte den monochromatischen Charakter seines Spektrums.

---

[1]) Mathem. u. naturw. Berichte 10. Budapest 1892.
[2]) Astron. Nachr. No. 3664.

Prof. Deichmüller in Bonn macht darauf aufmerksam,[1]) dass die Nova im Adler, welche von Prof. Pickering angezeigt worden ist, möglicherweise ein Veränderlicher von sehr langer Periode sein könnte. Es sei nämlich nicht ausgeschlossen, dass eine Beobachtung von Schoenfeld am 8. Juli 1853 sich auf die Nova beziehe. Damals wurde von diesem bei klarer Luft ein Stern 9.5 Grösse bei den Sternzonenbeobachtungen aufgenommen und seinem Orte nach bestimmt, der aber, wie Prof. Deichmüller feststellen konnte, an diesem Orte nicht vorhanden ist. Nimmt man indessen an, dass bei der Ablesung der Einstellung am Fernrohr ein Irrtum um einen Teilstrich stattfand, so erhält man für 1855 die Position: Rektasz. $19^h\ 12^m\ 55.2^s$ Dekl. $-0^{\circ}\ 24.0'$. Diese Position würde innerhalb der geringen Genauigkeit der Zonenbeobachtungen überhaupt auf den Ort der Nova passen. »Obwohl nun,« schreibt Prof. Deichmüller weiter, »das Spektrum des neuen Sternes mit dem der Nova Cygni (1876) insofern übereinstimmt, als es in der Lichtschwäche des Sternes $= 11^m$, wie jenes, monochromatisch erscheint (während es anderseits von dem der Nova Andromedae abweicht), und obwohl der Stern auf zahlreichen Harvardphotogrammen jener Gegend von 1886—1898 fehlt, so wird sich die Entscheidung darüber, ob ein neuer Stern im gebräuchlichen Sinne oder ein gewöhnlicher Veränderlicher langer Periode vorliegt, doch erst nach einiger Zeit treffen lassen. Auch von den neuen Sternen, die Espin im Jahre 1888 und Gore 1885 angekündigt hatten, konnte ich[2]) ältere Beobachtungen nachweisen und damit zeigen, dass es gewöhnliche Veränderliche waren.

Wenn sich der Stern aber als eine Nova erweist, so verstärkt er noch weiter die von Prof. Pickering und Prof. Seeliger aufgestellte und begründete These, wonach die meisten neuen Sterne in der Nähe der Milchstrasse stehen; denn seine galaktische Breite ergiebt sich, unter Annahme der von Prof. Seeliger adoptierten Lage des Milchstrassenpoles nach Houzeau, zu -5.5°.

Noch deutlicher tritt aber die nahe Beziehung der neuen Sterne zu den sternreichsten Gegenden des Himmels hervor, wenn man die Annahme, dass die Mitte der Milchstrasse nahe einen grössten Kreis am Himmel bildet, mit Rücksicht auf die geringe Zahl der neuen Sterne hierbei fallen lässt und direkt die Örter der neuen Sterne mit der thatsächlichen Sternfülle ihrer Umgebung vergleicht. Dann zeigt sich, dass die Nova Aquilae in einem sehr viel sterndichtern Teile der Milchstrasse steht als die benachbarten Sterne von kleinerer positiver galaktischer Breite, und auch die starke galaktische Breite (-21.9°) der Nova Andromedae widerspricht dann der These über die Verteilung der neuen Sterne nicht mehr.

Da auch die Nova Ophiuchi (1848) und die Nova Scorpii (1860)

[1]) Astron. Nachr. No. 3664.
[2]) Astron. Nachr. No. 2844 u. 2707.

mit den starken galaktischen Breiten + 18.8° und + 20.4° sternreiche Umgebungen haben — die erstere steht bis auf einige Grade dem sehr sternreichen östlichen Aste der Milchstrasse nahe, die andere in dem kugelförmigen Sternhaufen Messier 80 —, so bleibt von allen neuen Sternen nur einer, die Nova Coronae, der einer sternreichen Umgebung entbehrt.«

Sternhaufen und Nebelflecke.

Der Sternhaufen Messier No. 11 im Sobieski'schen Schilde ist von W. Stratonoff in Taschkent photographisch aufgenommen und genau vermessen worden.[1]) Dieses Objekt (Neuer Generalkatalog No. 6705) ist in den Jahren 1836—1839 von Lamont in München, darauf 1869 von Helmert in Hamburg bereits trigonometrisch vermessen worden. Es erschien Stratonoff daher von Wichtigkeit, denselben Sternhaufen nach Verlauf von abermals drei Jahrzehnten von neuem aufzunehmen und zu vermessen. Die Aufnahme geschah mittels des photographischen Refraktors, der seit 1894 in Taschkent aufgestellt ist und ein Objektiv von 330 *mm* Öffnung besitzt. Die Abhandlung enthält alles bezüglich der Messungen erforderliche Detail. Die Aufnahmen reichen bis zur vollständigen Darstellung aller Sterne bis 13.5 Grösse, und der Katalog umfasst 861 Objekte, deren Rektaszension und Deklination sowie Helligkeit bestimmt sind. Der Vergleich mit den Aufnahmen Lamont's und Helmert's ergiebt, dass diese die Sterne bis zur 12. Grössenklasse (der Stratonoff'schen Skala), ausnahmsweise aber auch solche bis 13.5 Grösse vermessen haben. Als Hauptergebnis der Stratonoff'schen Arbeit ist zu betrachten, dass sie keinerlei Änderungen in dem Sternhaufen seit Lamont's Zeiten nachweist und für die Zukunft einen sichern Anhaltspunkt zu spätern Vergleichen darbietet.

Vermessung der Sternhaufen h und χ im Perseus. Prof. W. Schur hat am Göttinger Heliometer eine neue und höchst genaue Aufnahme einer Anzahl von Sternen aus diesen beiden Haufen ausgeführt.[2]) Er wählte hierzu 15 Sterne 6.6 bis 8.8 Grösse, und zur Orientierung der ganzen Gruppe wurde zwischen den beiden äussersten Sternen, die 2° voneinander abstehen, der Positionswinkel wiederholt gemessen und zur Prüfung der Orientierung Beobachtungen am Reichenbach'schen Meridiankreise in Göttingen und späterhin am Berliner Meridiankreise verwandt.

Die Beobachtungen begannen 1891 Oktober 13 und wurden 1896 Februar 17 abgeschlossen.

Ehe Prof. Krüger die Bearbeitung dieser Beobachtungen und

---

[1]) Publications de l'observatoire astronomique et physique de Tachkent No. 1. Taschkent 1899.

[2]) Astron. Mitteil. von der Königl Sternwarte zu Göttingen 6. Teil. 1900.

die Ableitung der Endresultate unternahm, hat er zunächst seine schon früher begonnenen Untersuchungen über den Einfluss der Eigentümlichkeiten des Instrumentes und der Beobachtungsmethoden auf die Messungen durchgeführt. Diese Einwirkungen sind gering, aber ihre möglichst genaue Ermittelung ist unerlässlich, um der Genauigkeit der Messungen jenen hohen Grad zu geben, welcher bei denselben erstrebt wurde. Das Detail interessiert nur den selbst beobachtenden Astronomen, es nimmt den grössten Teil der Abhandlung ein. Als Endresultat giebt Prof. Schur die Örter der 15 erwähnten Sterne aus beiden Sternhaufen für die Epoche 1893.75 und das Äquinoktium 1890.0. Dann vergleicht er das Resultat mit den Ergebnissen der oben erwähnten anderweitigen Vermessungen, wobei sich, da wo die frühern Messungen überhaupt genügend genau sind, eine sehr gute Übereinstimmung ergiebt. Von einer Stellungsänderung eines der Sterne durch Vergleich mit den frühern Beobachtungen ist nichts Sicheres zu erkennen. »Durch diese Triangulation«, sagt Prof. Schur u. a. am Schlusse, »ist eine Grundlage für fernere Aufnahmen geschaffen, die wohl am zweckmässigsten durch die Photographie geliefert werden, wobei die Konstanten zur Reduktion der photographischen Aufnahmen durch die heliometrisch bestimmten Örter der hellern Sterne ermittelt werden können. Ich hätte einen Teil der Beobachtungen, nämlich die Bestimmung mancher schwächerer Sterne noch übernehmen können, sofern sie am Heliometer messbar sind, aber die Arbeit würde dadurch sehr in die Länge gezogen werden. Es ist empfehlenswert, die Anwendung des Heliometers nicht weiter zu treiben als zur Beschaffung der Grundlagen und das übrige der Photographie zu überlassen, die bei genügender Exposition Sterne zur Darstellung bringt, die am Heliometer garnicht oder nur bei grosser Anstrengung der Augen messbar sind.«

So viel steht fest, dass die bisherigen Beobachtungen eine viel zu kurze Zeit umfassen, um in obigen, wie auch in andern Sternhaufen Bewegungen der einzelnen Sterne umeinander, resp. um einen gemeinsamen Schwerpunkt nachzuweisen; diese Bewegungen haben also offenbar Perioden von Jahrhunderten.

Bräunliches Aussehen des Himmelsgrundes in gewissen Sternbildern der südlichen Hemisphäre. Dr. T. J. J. See macht darauf aufmerksam,[1]) dass er bei seiner Durchmusterung des südlichen Himmels, bei der über 200 000 Sterne untersucht wurden, mit dem Aussehen des Himmelsgrundes, wie sich dieser im Gesichtsfelde eines grossen Refraktors zeigt, sehr vertraut und über die ungleiche Dunkelheit desselben in den verschiedenen Regionen des Himmels häufig betroffen wurde. »Bei zahlreichen Gelegenheiten,« sagt er, »wenn die Atmosphäre trocken und ruhig, und kein Mondschein war, unter den besten Beobachtungsverhältnissen, wurde unsere Aufmerksamkeit gefesselt durch das trüb bräunliche Aussehen des

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3618.

Himmelsgewölbes, das wie mit einem schwach beleuchteten Schleier bedeckt erschien. Dieses bräunliche Aussehen wurde nicht durch atmosphärische Verhältnisse verursacht, sondern verdankt seine Existenz unzweifelhaft sehr ausgedehntem, kosmischem Gewölke, welches in ausserordentlich schwachem Lichte schimmert. Auch wurde es bestimmt an Stellen des Himmels wahrgenommen, die völlig sternlos waren. Die schwach leuchtenden Flächen zeigen sich besonders häufig in Gegenden des Himmels fern von der Milchstrasse, so besonders in der sternarmen Konstellation des Mikroskops, in der südlichen Krone, im südlichen Fisch, dem Kranich, Phönix, Eridanus, der Hydra, dem Centauren, dem Wolf, dem Kreuz und Teilen des Skorpions. Anderseits erscheinen gewisse Stellen, z. B. die Kohlensäcke und einige unregelmässige Flecke, längs des Zuges der Milchstrasse sowohl als anderwärts, vollkommen schwarz. Die vorstehend erwähnten sehr matt schimmernden Flächen sind nicht leicht zu erklären. Es ist zwar unmöglich zu behaupten, ihre Helligkeit habe keinen nebeligen Charakter, aber ihr Aussehen ist nicht dasjenige der gewöhnlichen Nebeligkeit. Der Himmelsgrund erscheint matter, aber völlig gleichmässig erleuchtet, während Nebel gewisse Umrisse von mehr oder wenig bestimmtem Charakter zeigen.« Möglicherweise handelt es sich um eine Art von Wolken aus kosmischem Staube, wie solche Prof. Seeliger als Ursache des Aufleuchtens der sogenannten neuen Sterne annimmt.[1]) Vielleicht gelingt es der Photographie, auch in der Frage Aufklärung zu schaffen.

Der Ringnebel in der Leyer ist von Prof. Keeler am grossen Crossley-Reflektor der Lick-Sternwarte photographisch aufgenommen worden.[2]) Es ist sehr zweifelhaft, bemerkt Prof. Keeler, ob der Ringnebel in der Leyer bis dahin jemals mit einem völlig geeigneten Instrumente photographiert worden ist. In dieser Beziehung möge daran erinnert werden, dass die Fokallänge einer Kamera das 30- bis 60-fache der Öffnung sein muss, wenn die photographische und optische Kraft gleich sein sollen. Eine photographische Aufnahme, die unter günstigen atmosphärischen Umständen mit einem solchen Instrumente gemacht wird, müsste alles zeigen, was das Auge sehen kann. In der Praxis dagegen machen verschiedene Umstände, Schwierigkeiten der Konstruktion und Lichtschwäche mancher Objekte, notwendig, von dem theoretisch richtigen Verhältnisse zwischen Objektivdurchmesser und Brennweite des photographischen Instrumentes abzuweichen. Besonders für die Aufnahme schwacher, verwaschener Nebelflecke muss die Brennweite kurz sein, und bei allen modernen Reflektoren ist dies der Fall. Der Ringnebel in der Leyer ist nun für photographische Aufnahmen ein helles Objekt, dabei ist er klein (80″ zu 60″) und daher zur Aufnahme mittels eines Reflektors von

[1]) Astron. Nachr. No. 3598.
[2]) Astrophys. Journal 10. p. 193.

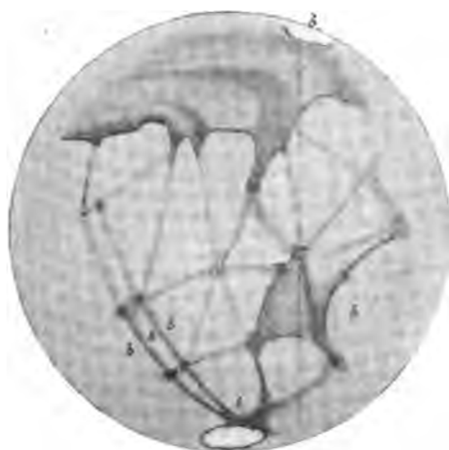
ungewöhnlich grosser Brennweite sehr geeignet. Bei photographischen Refraktoren ist das Verhältnis des Objektivdurchmessers zur Brennweite gewöhnlich viel kleiner als beim Reflektor, aber abgesehen davon, dass die Brennweite eines solchen Instrumentes überhaupt meist nicht gross ist, erscheint die Absorption der chemisch wirksamen Strahlen beim Durchgange durch die Glaslinsen so bedeutend, dass der in Rede stehende Nebel nicht mehr als ein helles Objekt betrachtet werden kann. Daher hat man auch bei photographischen Aufnahmen dieses Ringnebels mit Refraktoren die Expositionsdauer bis neun Stunden und selbst bis zu 20 Stunden ausgedehnt. Mit dem Crossley-Reflektor würde man bei so langer Exponierung auf dem Negativ nur einen schwarzen Fleck erhalten. Bezüglich der Wirkung des Reflektors unter den besten Umständen beschreibt Prof. Keeler einige Negative, die nach verschieden langem Exponieren erhalten wurden. Das beste Bild lieferte eine Expositionsdauer von zehn Minuten, nach zwei Minuten Exposition war das Bild schwach, bei einer Exponierung von nur 30 Sekunden war es kaum sichtbar.

Die Brennweite des Crossley-Reflektors beträgt $17^1/_2$ Fuss und der längere Durchmesser der Ellipse des Ringnebels auf der photographischen Platte ist 2 *mm*. Bei einer viermal grössern Brennweite würde das Bild 8 *mm* Durchmesser haben, und die Expositionsdauer etwa drei Stunden betragen müssen, was noch nicht übermässig lange ist. Mit einem derartigen Instrumente würde natürlich eine sehr erheblich bessere Photographie des Nebels erhalten werden, als bis jetzt der Fall gewesen ist. Indessen ist es unthunlich, die Brennweite eines Teleskops zu verändern, während man die Öffnung leicht variieren kann. Durch Verminderung der Öffnung des Spiegels beim Crossley-Reflektor würde man nur eine Verminderung der sphärischen Aberration und des Einflusses der Luftunruhe erreichen. In erster Hinsicht sind aber die Sternbilder bis zu einem Zoll von der optischen Axe des Spiegels, also für ein Objekt, wie der Ringnebel in der Leyer, praktisch frei von den Einflüssen der sphärischen Aberration und die Aufnahmen geschehen nur in völlig ruhiger Luft, während deren eine Verminderung der Öffnung nichts zur Verschärfung der Bilder beigetragen hätte.

Die von diesem Instrumente erhaltenen Bilder des Ringnebels in der Leyer zeigen die Eigentümlichkeiten desselben, welche von Beobachtern an den mächtigsten Teleskopen gesehen oder auch photographisch ermittelt wurden, daneben aber andere, die bis dahin noch nicht erwähnt worden sind.

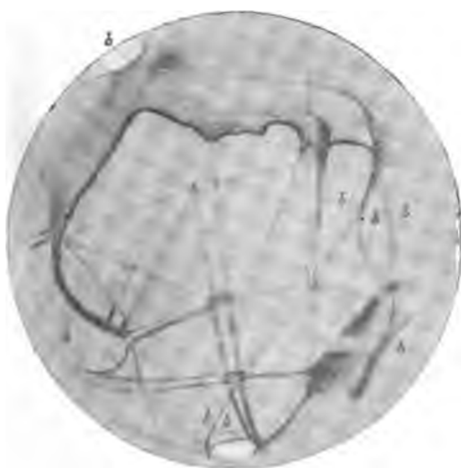
Die beste Zeichnung dieses Nebels ist von Prof. Holden 1875 am 26-zolligen Refraktor zu Washington erhalten worden. Trouveloar's Zeichnung im 8. Bande der Annalen des Harvard-College-Observatoriums ist ebenfalls ausgezeichnet; keine von beiden aber zeigt den zentralen Stern, und beide sind auch etwas zu regelmässig und symmetrisch. Die äussere Begrenzung des Ringnebels, wie die Crossley-Photographien dieselben zeigen, ist mehr oval als elliptisch,

Fig. 1.



1888. Mai 27.

Fig. 3.



1888. Juni 2.

Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

Mars gezeichnet am
von G. V. S

und das spitzigere Ende liegt in nordöstlicher Richtung. Der Ring selbst erscheint von sehr komplizierter Strukur, wie zusammengesetzt aus einer Anzahl schmaler heller Ringe, deren Zwischenräume eine etwas lichtschwächere Nebeligkeit ausfüllt. Einer von diesen Ringen bildet die äussere Umgrenzung des vorausgehenden Endes des Hauptringes. Um das nördliche Ende der kleinen Axe des Ringes herum wird dieser heller, vielleicht durch Überlagerung des breiten Hauptringes über den Nebel an dieser Stelle. Der Ring zeigt auch mehrere helle Flecke und Kondensationen, die jedoch in ihrer Lage keine bestimmte Beziehung verraten. Was die scheinbare Grösse des Ringes anbelangt, so hängt diese bei einem solchen Objekte, welches keine scharfe Begrenzung zeigt, merklich von der Expositionsdauer ab. Prof. Barnard hat die Dimensionen des Ringes am 36-Zoller direkt gemessen,[1]) und Stratanoff hat Messungen an einer von ihm erhaltenen Photographie mit zehnstündiger Expositionsdauer ausgeführt.[2]) Prof. Keeler stellt diese Resultate mit denjenigen seiner eigenen Messungen zusammen, woraus sich ergiebt, dass die photographisch bestimmten Dimensionen etwas grösser sind, als die am 36-zolligen Refraktor direkt gemessenen.

Was den von dem hellen Ringe umgebenen innern Raum anbelangt, so zeigt Lord Rosse's Zeichnung[3]) dieses Innere von einer Reihe dunkler und heller Streifen in der Richtung der grossen Axe durchzogen, welche Streifen man, wie Prof. Keeler meint, meist für Einbildungen des Beobachters gehalten hat. Prof. Holden's teilweise Bestätigung derselben am 26-Zoller zu Washington hat dieser selbst später als wahrscheinlich missverständlich bezeichnet.[4]) Indessen wird diese Struktur, wie Prof. Keeler sogleich bemerkte, von den Photographien des Crossley-Reflektors bestätigt. Jedoch zeigen dieselben nur drei dunkle und zwei helle Streifen auf dem innern Raume; ein dunkler Streifen zeigt sich ziemlich in der Mitte. Die Richtung dieser Streifen ist nicht genau parallel der grossen Axe des Ringes, sondern macht mit dieser einen Winkel von etwa 5°. Am 36-Zoller gelang es Prof. Keeler nicht, mit Sicherheit diese Streifenstruktur direkt zu sehen. Das Bild des Ringnebels erscheint in diesem grossen Refraktor zwar sehr hell und gut definiert, aber der Konstrast der hellen und dunklen Bänder ist zu gering, um dem Auge direkt bemerkbar zu werden, während die Photographie ihn übertreibt. Der Zentralstern, den Burnham optisch 15.4 Grösse schätzte,[5]) erscheint bei längerer Exponierung gleich hell, wie ein von Lassell ausserhalb des Ringnebels gezeichneter Stern, allein bei Exponierung von zwei Minuten Dauer wird letzterer Stern nicht sichtbar, während der Zentralstern sich darstellt. Die Deutlichkeit

[1]) Astron. Nachr. No. 3354.
[2]) a. a. O. No. 3388.
[3]) Phil. Trans. 1844.
[4]) Monthly Notices 48 p. 384.
[5]) Monthly Notices 52. p. 42.

des Zentralsternes im Verhältnisse zu jener des Nebels hängt übrigens von der Natur des angewandten photographischen Instrumentes ab, indem die Helligkeit eines Sternes sich nach einem andern Gesetze darstellt, als die eines Nebels.

Ausser dem Zentralsterne zeigen die Keeler'schen Photographien nur noch einen Stern im Innern des Ringes, 10.7″ von jenem und im Positionswinkel von 297°. Es ist offenbar der Stern d in Holden's Zeichnung.[1]) Schon auf den Platten von zwei Minuten Expositionsdauer ist er eben sichtbar, und da er an der Grenze der Sichtbarkeit für das blosse Auge im 36-Zoller steht, so muss sein Licht eine sehr grosse photographische Energie besitzen. Der von Barnard 1893 nahe beim Ringnebel in der Leyer am 36-Zoller entdeckte kleine Nebel[2]) ist auch auf den Crossley-Photographien dargestellt. Er zeigt sich auf diesen als ein links gedrehter, doppelarmiger Spiralnebel von 30″ grösstem Durchmesser.

Der Zentralstern im Ringnebel der Leyer zeigte nach Ansicht[3]) des Astronomen der Sternwarte Toulouse bis 1890 eine Zunahme seiner Helligkeit. W. Stratanoff bemerkt nun[4]), dass er diesen Nebel seit 1895 häufig photographisch aufgenommen habe. Seine Vergleichungen der Helligkeit des Zentralsternes mit umgebenden Sternchen auf der Platte ergab, dass die Helligkeit desselben von 1895 bis 1899 durchschnittlich der 11.6 Grösse entsprach und Helligkeitsschwankungen nicht sicher erkennbar sind.

Über die mögliche Eigenbewegung des Ringnebels in der Leyer macht E. E. Barnard einige interessante Mitteilungen. Im Jahre 1877 hat Prof. Hall am 26-Zoller in Washington die Positionen einer Anzahl Sterne rings um den Nebel gemessen,[5]) den Zentralstern auf der innern Fläche des Nebels hat er jedoch nicht gesehen. Dann hat W. Burnham[6]) 1891 die Position des Zentralsternes gegen einen Stern a 12. Grösse durch sehr sorgfältige Messungen festgelegt. Im Mittel aus fünf Messungen steht dieser Stern a in Bezug auf den Zentralstern des Nebels (1891.45) in 61.69″ Distanz und dem Positionswinkel 87.8°. Prof. Barnard hat diese Messungen 1898 am 40-Zoller der Yerkes-Sternwarte wiederholt. Der Unterschied gegen die Messungen Burnham's ist nur gering, aber Barnard glaubt, dass er nicht Beobachtungsfehlern zuzuschreiben sei, sondern wahrscheinlich einer wirklichen, geringen Veränderung der gegenseitigen Stellung beider Objekte zugeschrieben werden müsse, und zwar, wie

[1]) Monthly Notices 48. p. 386.
[2]) Sirius 1894. p. 44.
[3]) Compt. rend. 129. p. 265.
[4]) Astron. Nachr. p. 3607.
[5]) Astron. Nachr. No. 2186.
[6]) Publ. Lick-Obs. 1894. 2.

er weiter wahrscheinlich macht, einer Eigenbewegung des Nebels. Die Frage dürfte durch fernere Beobachtungen in fünf oder sechs Jahren sicher zu entscheiden sein. Der Nebel selbst ist nach Barnard in dem grossen Refraktor ein schönes Objekt. An einigen Stellen scheint der Ring von ungleicher Helligkeit zu sein, aber genaueres Detail ist nicht mit Sicherheit zu erkennen. Das Innere des Ringes scheint bei den besten Luftverhältnissen von ungleicher Helligkeit, doch hindert der helle Glanz des Ringes ein genaues Auffassen desselben. Der Zentralstern oder Kern ist nach Burnham 15.4 Grösse, Barnard schätzt ihn 15.5 bis 16. Grösse. Meist erscheint dieser Kern etwas verwaschen, aber unter den günstigsten Luftverhältnissen zeigt er sich bestimmt und scharf. Veränderungen in dem Aussehen des Nebels, welche einige französische Beobachter wahrgenommen haben wollen,[1]) haben nach Barnard bestimmt nicht stattgefunden. Der Zentralstern oder Kern des Nebels findet sich zuerst auf einer Zeichnung von Lassell, die dieser an seinem vierfüssigen Reflektor am 19. November 1860 erhalten hat, doch steht der Stern hier nicht genau in der richtigen Position. Lassell bezeichnete ihn als äusserst schwach und an der Grenze der Sichtbarkeit für sein grosses Instrument stehend.

Eine neue photographische Aufnahme des grossen Nebels in der Andromeda. Bekanntlich hat zuerst (am 1. Oktober 1888) J. Roberts diesen Nebel photographisch aufgenommen in einer Weise, welche die wahre Gestalt desselben zum erstenmal menschlichen Augen offenbarte. Bis dahin hatte man, nach dem Anblicke in grossen Teleskopen, diesen Nebel als »spindelförmig« erklärt, jetzt aber gewahrte man mit Erstaunen, dass dessen wahre Gestalt ein deutliches Bild der Nebelmasse gewährt, aus welcher sich nach Laplace's Vorstellung unser Sonnensystem entwickelt hat. Man sieht auf der Photographie einen zentralen Nebelball, umgeben von Ringen nebliger Materie, welche an verschiedenen Stellen Kondensationen zeigte. Die Ebene der Ringe liegt ziemlich schräg gegen die Gesichtslinie zur Erde, so dass man nicht den vollen Anblick der Ringfläche geniesst. Die Nebelmaterie könnte daher auch in spiralförmigen Windungen den zentralen Kern oder Ball umgeben. Seit Roberts' Aufnahme hat man auch an kleinen Instrumenten den Nebel photographiert und das angegebene Resultat bestätigt gefunden. Eine neue und überaus wertvolle Aufnahme des Nebels ist dagegen am 21. Dezember 1897 auf der Lick-Sternwarte mit dem grossen Crooker'schen photographischen Teleskop bei fünfstündiger Exponierung von E. F. Coddington erhalten worden. Diese Photographie muss als die beste bezeichnet werden, die bis heute von dem Nebel in der Andromeda erhalten worden ist.

---

[1]) Compt. rend. 1899. No. 5.

Photographische Beobachtungen von Hind's veränderlichem Nebel im Stier. Am 11. Oktober 1852 sah Hind im Sternbilde des Stier in 4^h 12^m Rektaszension und 19° $8'$ nördl. Dekl. ein kleines nebelartiges Objekt in der Nähe eines Sternes 10. Grösse, das er bis dahin niemals gesehen, obgleich er diese Gegend des Himmels in einer Karte, die alle Sterne bis zur 11. Grösse enthielt, aufgenommen hatte. Im Jahre 1854 sah Chacornac in seinem grossen Spiegelteleskop den Nebel wieder, aber 1861 und 1862 konnte d'Arrest denselben am $10^1/_2$-zolligen Kopenhagener Refraktor nicht sehen, und 1868 war er auch am 14-zolligen Refraktor zu Pulkowo unsichtbar. Dagegen sah O. Struve in diesem Fernrohre etwa 4′ von Hind's Nebel entfernt einen andern kleinen Nebel, den später auch d'Arrest erblickte und für schwächer als den frühern Hind'schen Nebel erklärte. Burnham suchte den Struve'schen Nebel 1890 am 36-Zoller der Lick-Sternwarte vergeblich, sah dagegen am Orte des nicht weit davon entfernt stehenden veränderlichen Sternes T Tauri ein nebeliges Sternchen innerhalb eines sehr kleinen kondensierten Nebels. Barnard entdeckte dann, etwa $^3/_4$′ von T Tauri entfernt, einen 40″ — 50″ grossen Nebel, der aber so schwach war, dass er für den grossen Refraktor an der äussersten Grenze der Sichtbarkeit stand. Am 25. Februar 1895 untersuchte Barnard diese Region abermals, er fand seinen schwachen Nebel wieder, aber der Nebel um T Tauri war verschwunden, und am Orte von Struve's Nebel sah er ein Sternchen 14.—15. Grösse. Hind's Nebel war völlig unsichtbar. Die Gegend um T Tauri ist nun kürzlich von Prof. Keeler am grossen Crossley-Reflektor der Lick-Sternwarte zweimal photographisch aufgenommen worden. Prof. Keeler bemerkt, es sei ihm keine andere photographische Aufnahme dieser Region bekannt; indessen hat Roberts dieselbe am 9. Dezember 1890 photographiert,[1]) ohne jedoch von Hind's Nebel eine Spur zu finden. Die neuen Aufnahmen von Prof. Keeler geschahen[2]) am 6. Dezember 1899 mit einer Expositionsdauer von 3^h 53^m und am 27. Dezember mit 5^h Exposition. Beide Photographien sind vortrefflich, die Sterne erscheinen auf ihnen völlig rund, doch sind nicht so lichtschwache Sterne sichtbar, als in den besten Nächten des vorhergehenden Sommers sich auf den Photographien zeigten. Beide Photographien zeigen den Hind'schen Nebel, westlich von T Tauri. Er ist schwach und besteht aus drei Lichtfleckchen, von denen das mittlere am hellsten ist, im übrigen ist keine andere Nebeligkeit zu erkennen. Auf Ersuchen von Prof. Keeler haben Aitken und Perrine die Gegend um T Tauri in einer günstigen Nacht am 20 Januar 1900 am 36-Zoller untersucht. Sie sahen jetzt auch an diesem Instrumente den Hind'schen Nebel, aber überaus schwach. Am Orte von Struve's Nebel stand ein Stern 13. Grösse. Prof. Barnard kommt zu dem Ergeb-

---

[1]) Sirius 1891. p. 188.
[2]) Monthly Notices 60. No. 6. p. 424.

nisse, dass Hind's und Struve's Nebel im Stier unzweifelhafte Beispiele von Veränderlichkeit ihrer Helligkeit bieten, indem diese Nebel früher nicht hätten gesehen werden können, wenn sie nicht erheblich heller gewesen wären.

Die Nebel in der Umgebung der Plejaden. Goldschmidt, der bekannte Planetenentdecker in Paris, war es, der zuerst darauf aufmerksam machte, dass der Sternhaufen der Plejaden in grosser Ausdehnung von einer feinen Nebelmaterie umgeben sei. Diese Wahrnehmungen haben dann sehr viel später durch E. E. Barnard Bestätigung und Erweiterung erfahren. Mittels einer 6-zolligen Willard-Porträtlinse fand derselbe im Dezember 1893 die Plejaden von einem äussern Nebel umhüllt und bemerkt in seinem Berichte darüber,[1]) dass er schon mehrere Jahre früher beim Suchen nach Kometen eine ausgedehnte, diffuse Nebeligkeit nördlich von den Plejaden wahrgenommen habe, und dass andere Massen dieser diffusen Materie sich in der Nähe der Plejadengruppe zeigten.

In einer vor kurzem erschienenen Abhandlung[2]) geht Prof. Barnard näher auf diese Plejadennebel ein. Er bemerkt, dass im Winter 1898 D. H. C. Wilson zu Northfield dieselben mit einer Exposition von 5^h 35^m deutlich photographierte. Auf einer 1897 Okt. 29 von Prof. Bailey zu Arequipa mit 300^m Expositionsdauer am 8-zolligen Bache-Teleskop gewonnenen Photographie der Plejaden, welche Prof. Barnard bei einem Besuche der Harvard-Sternwarte im Sommer 1898 sah, konnte er auf dem Negativ deutliche Spuren der äussern Nebeligkeiten um die Plejaden erkennen. Auch auf einem von Prof. Max Wolf erhaltenen Negativ ist diese Nebeligkeit unzweifelhaft zu sehen. Prof. Barnard spricht die Überzeugung aus, dass diese Nebel um die Plejaden die zentralen Teile einer Nebelmasse seien, welche am Himmel mindestens 100 Quadratgrade bedeckt. Man könne, sagt er, diese Ausdehnung vielleicht kaum glaublich finden, aber in Rücksicht auf andere, ungeheuer ausgedehnte Nebelmassen, deren Vorhandensein die Photographie erwiesen hat, z. B. in den Sternbildern Einhorn, Schwan und Ophiuchus, gar nicht zu reden von dem grossen gekrümmten Nebel, der sich durch einen Teil des Orion zieht, erscheine die Sache schon weniger befremdlich. Auf Ersuchen von Prof. Barnard, hat H. E. Calvert, ein geschickter Künstler, eine sorgfältige Zeichnung aller Nebel um die Plejaden, welche die verschiedenen Photographien zeigen, entworfen. Prof. Barnard bezeichnet sie als eine schöne und sehr genaue Zeichnung in Negativ und giebt eine Abbildung derselben. Diese Zeichnung enthält übrigens nicht alle Nebel, sondern letztere erstrecken sich weit über die Grenze der Darstellung nach allen Richtungen hin, die dargestellte Partie

[1]) Astron. Nachr. No. 3253.
[2]) Monthly Notices 1900. 60. 4. p. 258.

umfasst eine Fläche von etwa 10 Quadratgraden. Die ältern bekannten Nebel im Innern der Plejadengruppe sind auch nicht wiedergegeben, sondern innerhalb eines Kreises um die Plejaden nur deren hauptsächlichste Sterne zur Orientierung. Der hellste Teil der äussern Nebeligkeiten liegt nahe bei einem Sterne 6. Grösse in AR 3^h 44^m D + 25.4°. Mehrere Details der Zeichnung dürften für grosse Reflektoren ziemlich leichte photographische Objekte sein, auch meint Prof. Barnard, dass manche derselben viel interessanter und eigenartiger sind als die Nebel innerhalb der Plejadengruppe. Bei Messung von Sternen der letztern am 40-Zoller der Yerkes-Sternwarte war Prof. Barnard erstaunt über die Deutlichkeit, mit der sich in diesem Teleskop die innern Nebel der Plejaden zeigten. Besonders gilt dies von den Nebeligkeiten in der Nähe des Sternes Merope.

Nahezu gleichzeitig mit Barnard, und ohne dessen Abhandlung zu kennen, hat Prof. Wolf in Heidelberg seine Arbeiten über die Aussennebel der Plejaden veröffentlicht.[1])

Die ersten photographischen Eindrücke von den Aussennebeln der Plejaden erhielt Prof. Wolf durch einige Aufnahmen, die mit einem Steinheil'-schen Aplanaten aufgenommen waren, z. B. durch eine Platte vom 9. Oktober 1890. Besonders erkennbar waren die Spuren auf einer Reihe von Aufnahmen, die wegen des Kometen Wolf im September 1891 aufgenommen wurden. Die daraufhin angefertigte Dauerexposition vom 1. und 6. Oktober 1891 mit 7³/₄ Stunden Belichtung gab einzelne Partien schon recht kräftig. Seither hat er zu den verschiedensten Zeiten und mit den verschiedensten Objektiven häufig die Plejaden photographiert; aber nur sehr wenige Aufnahmen sind so gelungen — unser Klima ist für solche Arbeiten gar nicht geeignet —, dass man die schwächern Aussennebel darauf mit Erfolg studieren kann. Schon 1894 hatte Prof. Wolf eine Zeichnung der Aussennebel gemacht und an einzelne Astronomen gesandt; da sie aber im wesentlichen nur auf einer lang exponierten, im übrigen etwas mangelhaften Platte beruhte, so hat er darauf verzichtet, sie zu publizieren, und vielmehr versucht, bessere Aufnahmen herzustellen; lange Zeit ohne Erfolg.

Schliesslich hat er im Laufe der vielen Jahre drei brauchbare Aufnahmen zusammengebracht, die er benutzen konnte, um damit eine Darstellung der feinen Nebelgebilde zu versuchen, welche die Plejadengruppe einhüllen. Die drei Platten zeigen auf den ersten Blick die Hauptzüge der Aussennebel und bei genauerm Zusehen und geeigneter Beleuchtung auch die schwächern Teile, doch war es nicht möglich, durch direkte Reproduktion auf rein photographischem Wege eine genügend deutliche Darstellung der Gebilde zu erzielen, da das Korn und die Schönheitsfehler der Platten das Bild zu sehr entstellten. Prof. Wolf kopierte daher eine Reproduktion einer Platte und zeichnete die unsichtbar gebliebenen schwächern Nebel zwischen die hellern Nebel und die Sterne mit Wischer und Bleistift ein, gemäss den in den drei Platten gegebenen Vorlagen. Prof. Wolf hat 28 besonders hervorragenden Partien des Nebel besondere Namen gegeben. Es sind folgende mit den beigesetzten Positionen dieser Objekte (für 1855.0):

---

[1]) Abhandlung der Kgl. bayer. Akademie der Wissenschaft. II. Kl. 20. III. Abt.

Objekt No.	α	δ	Region	Objekt No.	α	δ	Region
	h m	+			h m	+	
1	3 32.8	23° 34′	Mons Lindemann	15	3 26.3	24° 18′	Regio tropica
2	41.3	25 2	Himalaya montes	16	30.8	24 20	Mons Henry
3	48.2	24 43	Karakorum montes	17	31.6	24 47	Mons Barnard
4	41.0	24 22	Delta regio	18	25.5	26 1	Montes Californiae
5	38.1	23 6	Montes Meropes	19	36.0	26 1	Scythia
6	45.0	22 41	Alpes montes	20	37.7	25 19	Himalaya montes
7	38.8	24 18	Montes trigemini	21	45.0	23 54	Oceanus magnus
8	42.0	21 40	Italia	22	50.4	24 12	Pons Atlantis
9	34.9	22 32	Montes Meropes	23	52.7	22 58	Gallia
10	34.0	21 32	Thaumasia	24	50.3	22 20	Gallia
11	31.9	21 32	Thaumasia	25	39.9	22 42	Alpes montes.
12	33.0	21 1	Thaumasia	26	43.4	25 22	Himalaya montes
13	26.5	21 55	Mons Bessel	27	47.2	25 23	Regio Indica
14	25.0	23 12	Regio tropica	28	29.1	23 0	Mons Bruce

Bezüglich der allgemeinen Anordnung der nebeligen Materie bemerkt Prof. Wolf, auf Grund seiner Darstellung, dass es hauptsächlich zwei hervorstechende Züge von Nebeln sind, die von den Plejaden auszugehen scheinen. »Der nördliche Zug, in der Gegend des Sternes Maja seinen verzweigten Ursprung nehmend, zieht zuerst mit mehrfachen Bögen und Brücken nach Norden, biegt nach Osten um und läuft weithin intensiv leuchtend und im wesentlichen geradlinig in östlicher Richtung. Dies ist der hellste Teil aller Aussennebel. Ein nicht ganz so heller Zug steht im Süden mit der Gruppe des Sternes Merope in Verbindung und reicht von hier weit nach Osten. Zwischen diesen beiden Hauptzügen liegt eine Gegend, in der die Nebel relativ sehr schwach sind, und die im Osten wieder durch eine Verbindung zwischen dem nördlichen und südlichen Zuge abgeschlossen wird. Überstrahlen im Osten die zwei Hauptzüge alle schwächern Nebel, die sich nach allen Seiten an sie anreihen, so ist das Aussehen im Westen ein anderes. Dort ist eine grosse Anzahl mehr unter sich gleich heller Ströme vorhanden, deren Zug im wesentlichen ebenfalls von den Plejaden radial ausgeht, aber doch vielfach verkreuzt und verquert ist, und an den verschiedensten Stellen in einzelnen besonders intensiven kleinern Massen hervortritt. Besonders hier zeigen sich zwischen den verschiedenen Platten sehr verschiedene Intensitätsverhältnisse.« Auf dem Bilde hat Prof. Wolf zwischen diesen photographischen Eindrücken zu vermitteln gesucht.«

»Der Eindruck des Ganzen ist der einer zusammenhängenden Masse, die wie Rauchwolken bald da, bald dort dichter oder dünner geballt erscheint. Das wesentliche ist das überall wieder nachweisbare Ineinanderübergehen der einzelnen Wolken. Es wird nicht möglich sein, eine aufzufinden, die ganz isoliert steht; und es steht zu erwarten, dass, wenn man lange genug belichten kann, die ganze Fläche mit Nebel erfüllt, und jede Struktur verschwunden sein wird, genau so, wie es in kleinerem Massstabe im zentralen Orionnebel auf den photographischen Platten geschieht. Es ist eben alles mit Nebel erfüllt, und die Zeichnung wechselt mit der Belichtung oder der Kraft des Instrumentes.«

Nach Festlegung der Hauptnebelzüge hat Prof. Wolf sich die Aufgabe gestellt, in irgend einer Weise die gegenseitige Helligkeit der auffallendsten Partien festzulegen. War aber schon die Darstellung der Hauptnebelzüge schwierig, so traten dieser Aufgabe noch grössere Hindernisse entgegen. Vor allem wurden von ihm nur solche Partien ausgewählt,

die ganz unzweifelhaft der Form nach auf allen Platten gleich waren. Diese Gegenden wurden auf einem Abdrucke bezeichnet und dann jede Gegend mit möglichst vielen der andern Gegenden verglichen, ob sie heller oder schwächer als diese erschien.

Die Vergleichungen zeigten nun auf den drei Platten grössere Helligkeitsschwankungen, als man der Unsicherheit der schwierigen Schätzungen zuschreiben möchte. Ob diese indessen reell sind, oder lokale Empfindlichkeitsdifferenzen der Emulsion die Erscheinung verursacht haben, lässt Prof. Wolf dahingestellt sein, hält aber wirkliche Veränderungen nicht für unmöglich.

Das Vorherrschen der Spiralform unter den Nebelflecken ist von James E. Keeler nachgewiesen worden.[1]) Derselbe hatte bei Beginn seiner photographischen Aufnahmen der Nebel am grossen Crossley-Reflektor ein Verzeichnis aller von Lord Rosse als spiralförmig erkannter oder vermuteter Nebelflecke seinem Arbeitsprogramme eingefügt. Die Anzahl der sicher als spiralförmig erkannten Nebel war damals gering gegenüber derjenigen, bei welchen Rosse eine solche Struktur nur vermuten konnte. Durch die photographische Aufnahme ist eine völlige Umkehr dieses Verhältnisses eingetreten, und Keeler bezeichnet geradezu einen kleinen kompakten Nebel, der keine Spiralform zeigt, als Objekt von grösserem Interesse. Eine Vergleichung der Gestalten verschiedener Spiralnebel ergiebt, dass dieselben im allgemeinen dünne, flache Scheiben sind. Beispiele von solchen, deren Ebenen nahe senkrecht zur Gesichtslinie stehen, bilden der Nebel in den Jagdhunden Messier No. 51, der Nebel im Grossen Bären Messier No. 101 und der Nebelfleck in den Fischen Messier No. 74. Der Spiralnebel im Cepheus (N. G. K., No. 6946) ist ein schönes, typisches Beispiel der schwächern Objekte dieser Klasse. Von den Spiralnebeln, die schräg zur Gesichtslinie von der Erde liegen, ist der grosse Nebel in der Andromeda das glänzendste Beispiel. Gemäss den Beobachtungen Keeler's gehören zu den Spiralnebeln alle grossen länglichen oder spiralförmigen Nebel W. Herschel's.

Spiralnebel mit zwei gekrümmten Armen, gleich dem Buchstaben S, kommen auch nicht selten vor. Einer der grössten ist der Nebel im Pegasus (N. G. K., No. 7479), ein anderes Beispiel bietet der Nebel N. G. K., No. 6951 (einer von Swift's schwachen Nebeln). In diesen wie in andern Fällen finden sich jedoch Andeutungen einer komplizierten Struktur, welche bei genügenden optischen Mitteln deutlich hervortreten würde.

Die ausgedehnten, verwaschenen Nebel, wie jener im Orion, der Trifidnebel und die grossen nebeligen Wolken, die über die Milchstrasse zerstreut sind, gehören nicht hierhin, sie zeigen nur geringe Tendenz, eine spiralige Struktur anzunehmen, diese letztere scheint vielmehr die Wirkung einer überwiegenden Zentralkraft zu erfordern.

Es giebt nun auch kompakte, isolierte Nebel, die keine Spiralen sind, einer davon ist der Ringnebel in der Leyer und der Dumbbell-

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3601.

Nebel im Fuchs und andere interessante Beispiele, hat der Crossley-Reflektor an das Licht gebracht. Der Nebel im Cepheus (richtiger im Schwan, N. G. K., No. 7008) besteht aus einer Anzahl von Schleifen, welche die von Herschel erwähnten sichelförmigen Kurven dieses Nebels vervollständigen, und in dem keine spiralige Anordnung erkennbar ist; der Nebel H II 240 im Pegasus hat das Aussehen von zwei parallelen spindelförmigen Massen, die durch einen vollkommen geraden Spalt getrennt sind.

Zahlreiche Beispiele ähnlicher Art könnten beigebracht werden. Anderseits giebt es auch Nebelflecke, welche, ihrer allgemeinen Ähnlichkeit mit andern Formen nach, als von spiraliger Struktur erachtet werden könnten, und dennoch zeigt sich keine Spur der letztern. So z. B. der Begleiter des grossen Nebels in der Andromeda, der auf einer Photographie als runde, kometarische Masse sich zeigt, die sehr hell in der Mitte erscheint und gegen die Ränder abblasst, aber völlig strukturlos ist. Der Nebel in den Fischen (N. G. K., No. 524) zeigt dasselbe in kleinerm Massstabe.

Es ist gleichwohl möglich, dass solche Formen, von denen eine Anzahl mit dem Crossley-Reflektor photographiert wurde, in Wirklichkeit einen besondern Fall der gewöhnlichen Spiralform vorstellen. Der Nebel im Pegasus (N. G. K., No. 7217) erscheint auf einer Photographie von mässiger Definition als runde kometarische Masse, von einem schwachen Ringe von 50″ Durchmesser umgeben, allein eine genügend scharfe Photographie, wie sie in den besten Nächten erhalten wird, zeigt eine feine spiralige Struktur, bei welcher die einzelnen Spiralen sehr eng gewunden sind. So kann es wohl der Fall sein, dass eine solche Spiralform auch noch bei andern oben erwähnten Nebeln entdeckt würde, oder dass, wo sie thatsächlich nicht vorhanden ist, dies einer verstärkten Wirkung der nämlichen Ursache zuzuschreiben ist, welche die beinahe völlige Abwesenheit der Spiralform bei dem Nebel im Pegasus (N. G. K., No. 7217) verursacht. Der bestimmende Faktor in diesen Fällen ist vielleicht einfach das aggregierende Moment der Rotation, welches aus der den sich zusammenziehenden Teilchen ursprünglich eigenen Bewegung resultiert. Wenn aber zahlreiche Ausnahmen beweisen, dass die Spiralform der Nebelflecken kein allgemeines Gesetz ist, so kann sie vielleicht betrachtet werden als die gewöhnliche oder normale Begleitform der Kontraktion kosmischer Massen, und einzelne Abweichungen davon können durch besondere Zustände erklärt werden, welche dahin zielen, die sonst allgemein wirkenden Ursachen aufzuheben oder zu schwächen.

Die Anzahl der vorhandenen Spiralnebel kann auf Grund der gegenwärtig vorhandenen Kataloge nicht abgeschätzt werden. Nur wenige Photographien sind am Crossley-Reflektor erhalten worden, welche nicht die Existenz von 1 oder 2 bis zu 15 oder 16 neuen Nebeln an das Licht brachten. Manche derselben sind Spiralnebel, während andere, die zu klein oder zu schwach sind, um über ihre

Struktur zu entscheiden, ein Aussehen zeigen, wie dasjenige bekannter Spiralnebel, die mit kleinen Instrumenten photographiert wurden, so dass ihre spiralige Struktur sehr wahrscheinlich ist. So hat Prof. Keeler beispielsweise auf einer einzigen Platte sieben Nebel photographiert, von welchen fünf Spiralen sind, und nur zwei zweifelhaft bleiben. Die Anzahl der Nebelflecken und der Spiralnebel am Himmel muss daher ungeheuer gross sein. Der Crossley-Reflektor hat beim Photographieren ein Gesichtsfeld von etwa ein Quadratgrad. Wenn aber auf jeden Quadratgrad des Himmels nur drei neue Nebel entfallen, so würde die Anzahl derselben für das genannte Instrument im ganzen 120000 betragen. Der einzige Grund, den man anführen könnte, diese Schätzung für übertrieben zu halten, wäre der, dass die Nebel eine Tendenz zeigen, in Gruppen aufzutreten, und dass bei den photographischen Aufnahmen auf Mount Hamilton das Teleskop stets auf gewisse Nebel gerichtet wurde und nicht nach dem Zufalle auf irgend eine Stelle des Himmels. Anderseits aber ist die Anzahl der in jedem Gesichtsfelde des Crossley-Reflektors sichtbar werdenden Nebelflecken erheblich grösser als im Durchschnitte 3, welche Zahl als Grundlage für die obige Schätzung angenommen wurde.

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Die Bewegung des Nordpoles der Erdaxe von 1895—1899. Vor einigen Jahren hat Prof. Th. Albrecht die Polbewegung in dem Zeitraume von 1890—1895 dargestellt, in einer zweiten Abhandlung beschäftigt er sich mit derselben für den Zeitraum von 1895—1898.9.[1]) Die von ihm berechneten Werte für die Lage des momentanen Drehungspoles gegen den mittlern Pol sind von ihm in einer graphischen Darstellung niedergelegt worden.[2]) Die unregelmässig verschlungene schwarze Linie bezeichnet die Bewegung des Poles, und die runden Kreise mit den beigefügten Zahlen geben die Zeit an, als der momentane Pol sich an der betreffenden Stelle befand, z. B. 98.0 bezeichnet den Anfang des Jahres 1898, kleine Ziffern bezeichnen Zehntel des Jahres. Zum Vergleiche hat Prof. Albrecht auch die Bewegung des Poles von 1890—1895 in fein punktierten Kurven beigefügt. Die mittlere Lage des Poles ist in den Kreuzungspunkten der senkrecht zu einander stehenden Linien 0.00″ und 0.00″. Die Ziffern 0.10—0.30″ bezeichnen die entsprechenden Bruchteile von einer Bogensekunde. Aus dem Vergleiche der Kurvenzüge geht hervor, dass der Momentpol sich während der zweiten Hälfte der Beobachtungszeit erheblich mehr dem mittlern Pole näherte, ohne dass man jedoch eine bestimmte Periode in dieser Bewegung erkennen könnte. Vor allem kehrt die Kurve, wie Prof. Albrecht hervorhebt, nach sieben Jahren nicht in sich zurück, und die Polbewegung setzt sich also nicht, wie einige glaubten, aus einer Periode von zwölf und einer solchen von vierzehn Monaten zusammen.

Einfache Methode zur Bestimmung des Erdhalbmessers. Ch. Dufour hat in einer interessanten Abhandlung[3]) den Einfluss behandelt, den die Krümmung der Erdoberfläche auf die durch Reflexion an ausgedehnten Wasserflächen entstehenden Bilder von Gegenständen in endlichen Entfernungen ausübt.

Prof. J. Groll zeigte nun,[4]) dass ein ähnlicher Einfluss auch bei unendlich weit entfernten Objekten, wie die Fixsterne sind, statt-

---

[1]) Bericht über den Stand der Erforschung der Breitenvariation am Schlusse des Jahres 1899. Von Th. Albrecht, Berlin 1900.

[2]) Dieselbe ist reproduzirt in Gaea 1900, Tafel IV.

[3]) Bullet. de la soc. Vaud. des sc. nat. **13**. p. 303.

[4]) Gaea 1900. p. 696.

findet. Dabei zeigte er ferner, dass diese Einwirkung zugleich eine einfache Methode giebt, den Erdhalbmesser zu berechnen, wobei der störende Einfluss der atmosphärischen Strahlenbrechung in Wegfall kommt. Wegen der Formeln muss auf das Original verwiesen werden. Verf. findet, dass bei der Sonne in 16° Höhe das Spiegelbild ihres untern Randes infolge der Erdkrümmung um 11″ tiefer erscheint, als es bei ebener Erdoberfläche liegen würde. Bei geringerer scheinbarer Höhe oder grösserer Entfernung des Beobachters vom Niveau der spiegelnden Seefläche wird der Betrag grösser, und selbst eine Verkürzung des vertikalen Durchmessers der Sonne merklich.

Über die Bestimmung der Gravitationskonstante und der mittlern Dichte der Erde nach den neuern Methoden verbreitete sich Krigar-Menzel am 17. September 1900 in der Sitzung der physikalischen Abteilung der 72. Versammlung deutscher Naturforscher in Aachen. Die Frage nach dem richtigen Werte der Gravitationskonstante und der mittlern Dichtigkeit der Erde kann erst dann als abgeschlossen betrachtet werden, wenn die nach verschiedenen Methoden ausgeführten Bestimmungen eine hinreichend gute Übereinstimmung zeigen. Augenblicklich steht die Sache so, dass die Unterschiede in Rücksicht auf die Güte jeder einzelnen der verschiedenen Methoden noch zu gross sind, als dass man nicht suchen müsste, sie zu erklären und zu beseitigen. Möglicherweise sind die Unterschiede erklärbar durch Magnetisierung der gravitierenden Massen unter dem Einflusse des erdmagnetischen Feldes. Alle diese Messungen wurden angestellt in solchen nördlichen Breiten, so dass die Richtung der erdmagnetischen Kraft als nahezu vertikal angesehen werden kann. Bei Poynting und bei den Spandauer Messungen (von Krigar-Menzel und Richarz) lagen die gravitierenden Massen vertikal übereinander, also ihre Verbindung nahezu in der Richtung der Kraftlinien; waren sie schwach paramagnetisch oder auch beide diamagnetisch, was aber nicht wahrscheinlich ist, so mussten die influenzierten Magnetismen eine Anziehung ausüben, die Gravitation vermehrt erscheinen und für die mittlere Dichtigkeit der Erde d ein zu kleiner Wert gefunden werden Bei Boys, Braun und Wilsing lagen die gravitierenden Massen horizontal nebeneinander, ihre Verbindungslinie nahezu senkrecht zu den erdmagnetischen Kraftlinien; bei Paramagnetismus trat Abstossung ein, die Gravitation schien vermindert, d zu gross. Vielleicht wird man die Magnetisierbarkeit für die bei den verschiedenen Versuchen angewendeten Substanzen zum Teil noch nachträglich ermitteln und eine Korrektion für die Resultate berechnen können.

Untersuchungen über den Zusammenhang der Schwere unter der Erdoberfläche mit der Temperatur hat R. v. Sterneck angestellt.[1]) Als Unterlage dienten genaue Messungen des Verf.

[1]) Abhandl. d. k. k. Akad. d. Wiss., mathem.-naturw. Klasse. 108. Wien 1899.

in vier österreichischen Bergbauen, nämlich im Wernerschacht des Uranbergbaues in Joachimsthal, Böhmen (von 918 *m* über dem Meere bis 502 *m*, also 416 *m* tief; Temperaturzunahme gross), dem Adalbert-Schacht zu Přibram (+ 535 *m* bis — 565 *m*; Temperaturzunahme gering), dem Greiferschacht bei Kuttenberg, Böhmen (+ 300—0), und im Franz-Schacht des Quecksilberbergbaues in Idria (272 *m* tief; Temperaturverhalten abnorm).

Es ergab sich, dass mit einer einzigen Ausnahme (2. Tiefenstation im Wernerschachte) die Schwere mit der Tiefe zunimmt, doch ist diese Zunahme ungleichförmige, und es scheint, dass der grössern Temperaturzunahme auch die grössere Schwerezunahme entspricht, doch sind zum Beweise dieser Vermutung weitere Messungen erforderlich.

Horizontalpendel-Beobachtungen des Kgl. Preuss. Geodätischen Instituts zu Potsdam.[1]) Eines der dortigen Horizontalpendel wurde 1899 zeitweilig in einer 25 *m* unter der Erdoberfläche gelegenen Seitenkammer des Brunnenschachtes aufgestellt, während das andere im Mittelkeller des Geodätischen Instituts verblieb. Durch die Registrierungen beider Pendel konnte festgestellt werden, dass die vorhandene tägliche Periode im Brunnenschachte stark verkleinert erscheint, sowie dass die durch den Wind hervorgerufene seismische Bodenunruhe sich nicht auf die obersten Schichten des Bodens beschränkt, sondern auch noch in 25 *m* Tiefe mit Sicherheit nachzuweisen ist. Auch konnte durch Vergleichung der Registrierungen eines mit Luftdämpfung versehenen und eines ungedämpften Pendels der Nachweis erbracht werden, dass man bei einem Pendel der letztgenannten Art keinesfalls von der Maximalamplitude bei einem Erdbeben auf die wahre Grösse der Bodenbewegung schliessen darf. An den Apparaten in Potsdam wurden im Laufe des Jahres 39 grössere, 24 mittlere und 32 kleinere Erdbeben beobachtet.

Der Einfluss der sichtbaren Massen des Harz auf die Stellung des Lotes wurde von Dr. J. B. Messerschmitt behandelt.[2]) Nimmt man für die Erde eine bestimmte Gestalt und Grösse an, so kann man von einem Dreieckspunkte als Anfangspunkt ausgehend die geographischen Längen und Breiten aller übrigen Punkte des Dreiecksnetzes berechnen. Vergleicht man dann diese mit den direkt astronomisch gemessenen, so erhält man Unterschiede, welche man Lotabweichungen nennt. Die so gefundenen Lotablenkungen sind keine absoluten, sondern relative, da man die Stellung des Lotes im Ausgangspunkte nicht kennt.

Nach dem Attraktionsgesetze kann man aber auch aus den sichtbaren Massen die Lotstellung berechnen, und besonders vorteil-

[1]) Veröffentlichungen des Kgl. Preuss. Geodät. Instituts. N. F. No. 4. Potsdam 1900.

[2]) Zeitschr. für Vermessungswesen 1899. Gaea 1900. Heft 9. p. 541.

haft wird die Berechnung des relativen Wertes zwischen zwei nahe bei einander liegenden Punkten, indem hier, von einer gewissen Entfernung an, die vorhandenen Massen auf beide nahe gleich wirken, also herausfallen, während die Rechnungen in der Nähe der Station, besonders mit Hilfe von Karten mit Höhenkurven, ziemlich genaue Werte liefern. Solche Rechnungen sind daher schon vielfach mit Erfolg ausgeführt worden, zuerst wohl in England von Hutton, gelegentlich der Bestimmung der Dichtigkeit der Erde von Maskelyne am Berge Shehallien, später von Pratt für die englische und indische Vermessung. C. v. Orff hat für zwei Punkte im bayrischen Gebirge (Die bayrische Landesvermessung, München 1873. p. 758) und E. Pechmann für solche in Österreich (Die Abweichung der Lotlinie, Wien 1863, 2. Abhandlung 1865) ausführliche Rechnungen angestellt. Endlich sind solche Rechnungen noch für mehrere Punkte in der Schweiz durchgeführt worden.

Bei allen diesen Rechnungen ist es wünschenswert, die geologischen Verhältnisse der in Betracht kommenden Gegenden besonders in Bezug auf die Gesteinsdichte und deren Verteilung auch im Innern der Erde möglichst genau zu kennen. Da dies aber gewöhnlich nicht der Fall ist, muss man sich mit einigen angenäherten Annahmen behelfen. Umgekehrt können aber auch solche Rechnungen durch Vergleichung mit den direkt auf astronomischem Wege bestimmten Lotablenkungen eventuell auch unter Heranziehung von Resultaten, welche aus den Beobachtungen der Intensität der Schwere folgen, wieder Schlüsse auf die Verteilung der Massen in den Oberflächenteilen der Erde zu ziehen erlauben.

So fand sich aus den entsprechenden Attraktionsrechnungen in den Alpen, sowohl in der Schweiz als auch in Bayern und Österreich, dass es genügt, die Massen im Umkreise von etwa 35 *km* zu berücksichtigen, um miteinander gut vergleichbare Lotablenkungen zu erhalten. Hierbei kann man für alle Massen die gleiche Dichte einführen, und zwar 2.8. Für den schweizerischen Jura wird der Anschluss etwas genauer, wenn man die Dichte etwas kleiner annimmt, wie es ja auch in Wirklichkeit der Fall ist. Dann aber zeigen die gerechneten und die astronomisch bestimmten Lotabweichungen eine so gute Übereinstimmung, dass man annehmen muss, dass die Lagerung der Gesteine in den Alpen, besonders in Bezug auf ihre Dichte, eine sehr gleichmässige sein muss. (Dies Resultat erlaubt auch weiterhin, die Lotablenkungen von schwer zugänglichen Punkten in den Alpen recht sicher zu ermitteln und ist unter anderem auch neuerdings bei der Berechnung der Tunnelaxe des Simplon verwendet worden.)

Das günstige Ergebnis in den Alpen gab die Veranlassung, einige entsprechende Rechnungen für den Harz auszuführen, welcher ja bereits eingehend geodätisch und geologisch durchforscht ist. Es wurden hierzu drei Punkte gewählt, nämlich Harzburg im Norden, der Brocken, als sein höchster Punkt, und Hohegeiss im Süden.

Bei den vorliegenden Rechnungen sind die Formeln verwendet worden, welche in dem Hauptwerke der englischen Vermessung angegeben und von Helmert in übersichtlicher Weise in seinem bekannten Werke »Die mathematischen und physikalischen Theorien der höhern Geodäsie« Leipzig 1884, 2. Teil, p. 368 ff., mitgeteilt sind.

Hierbei wird das Terrain rings um die Station mittels konzentrischer Kreise mit der Station a und durch Radien in den Winkelabständen φ in Vierecke geteilt, deren Massen, bezw. deren mittlere Höhen h aus Karten, wozu sich besonders solche mit Höhenkurven eignen, ermittelt werden müssen. Man kann nun durch passende Anordnung der Entfernungen a_i a_k, bezw. der Winkel φ_m φ_l die Rechnungen sehr vereinfachen, während die Abschätzung der mittlern Höhen eine ziemlich weitschweifige Arbeit ist. Da es aber dabei auf keine sehr grosse Genauigkeit ankommt, kann man sich nach einiger Übung auf Abschätzungen unter Zuhilfenahme der Horizontalkurven unbedenklich beschränken.

Ohne auf das Detail hier näher eintreten zu wollen, möge noch bemerkt werden, dass bei der vorliegenden Bearbeitung der drei Harzpunkte die Massen bis zu 32 *km* berücksichtigt wurden, wobei für jede Station die mittlere Höhe von 1612 Vierecken bestimmt wurde. In der nähern Umgebung jeder Station sind die Messtischblätter (1 : 25000), weiter entfernt die Höhenschichtenkarte des Harzes (1 : 500000) verwendet worden, welche Prof. Helmert gütigst zur Verfügung stellte.

Die Dichte der Massen (Θ_0) ist auf zweierlei Weise berücksichtigt worden. Zunächst wurde für alle gleichmässig $\Theta_0 = {}^1/_2$ $\Theta_m = 2.8$ angenommen. Damit sind die folgenden Zahlen erhalten worden, wo ξ die Zenithabweichung nach Norden, η die nach Westen bedeutet. Vergl. die folgende Tabelle.

Berücksichtigte Massen	Harzburg 242 *m*		Brocken 1143 *m*		Hohegeiss 644 *m*	
	ξ	η	ξ	η	ξ	η
bis 1 *km* .	+ 0.24″	+ 0.07″	+ 0.01″	+ 0.18″	— 0.08″	— 0.01″
» 3.3 » .	+ 1.69	+ 0.58	+ 0.91	+ 0.71	— 0.33	— 0.17
» 8.0 » .	+ 4.12	+ 0.87	+ 2.17	+ 1.33	— 0.83	— 0.22
» 13.1 » .	+ 5.93	+ 1.14	+ 3.08	+ 2.05	— 1.80	— 0.45
» 19.5 » .	+ 7.36	+ 1.46	+ 3.95	+ 2.42	— 2.78	+ 0.09
» 26.3 » .	+ 8.15	+ 1.57	+ 4.38	+ 2.56	— 3.05	+ 0.10
» 32.0 » .	+ 8.51	+ 1.53	+ 4.55	+ 2.51	— 2.99	+ 0.03

Man erkennt aus diesen Angaben sofort, dass hauptsächlich die Massen in der nähern Umgebung massgebend sind. Geht man noch weiter in der Entfernung, so ändern sich die Zahlen nur langsam und wenig, und zwar um nahe gleich viel für alle drei Stationen. Es sind deshalb die vorliegenden Rechnungen, welche aus Mangel an den nötigen Karten in grösserer Entfernung bei 32 *km* abgebrochen wurden, zur weitern Untersuchung vollständig genügend.

Bis jetzt liegen nur astronomische Beobachtungen der drei Punkte in Breite vor, welche die folgenden Lotablenkungen ergeben:

Station	Beob.	Diff.	Rechg.	Diff.	Beob.-Rechg.
Harzburg . . .	+ 17.7"	+ 4.3"	+ 8.5"	+ 4.0	+ 9.2
Brocken	+ 13.4	+ 10.6	+ 4.5	+ 7.5	+ 8.9
Hohegeiss . . .	+ 2.8		− 3.0		+ 5.8

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, dass zwischen den ersten beiden Punkten die Übereinstimmung ziemlich gut ist, nicht aber zwischen den beiden letztern, bei welchen eine Differenz von 3" übrig bleibt. Es wurde deshalb der Versuch gemacht, wenigstens angenähert genauere Gesteinsdichten in den verschiedenen Gegenden bei der Rechnung zu verwenden, wodurch die folgenden Zahlen erhalten wurden:

Station	2. Rechg.	Diff.
Harzburg	+ 9.0"	+ 4.3
Brocken	+ 4.7	+ 7.7
Hohegeiss	− 3.0	

Es sind dadurch die relativen Werte zwischen den drei Stationen den Beobachtungen genähert worden, aber es bleibt immer noch der Unterschied zwischen den beiden letzten Werten zu klein gegenüber den astronomischen Angaben.

Es haben nun die Bestimmungen der Intensität der Schwerkraft im Harz Unterschiede in den idealen Störungsschichten im Meeresniveau bis zu 300 *m* Dicke ergeben, deren Attraktion sich in den Lotabweichungen nachweisen lassen dürfte. Prof. Helmert glaubt nun in der That, dass die obige Differenz von 3" zwischen den gerechneten und beobachteten Lotablenkungen von Brocken und Hohegeiss auf jene Störungsschicht zurückzuführen ist. (Vierteljahrschrift der Astron. Gesellschaft, 34. Jahrg. 1899, p. 164.)

Es ergiebt sich daher aus der in Rede stehenden Untersuchung, ähnlich wie es sich auch für die Alpen gezeigt hat, dass es, wenigstens in den Gebirgen, möglich ist, aus den sichtbaren Massen die relativen Lotablenkungen zwischen nahe bei einander liegenden Orten mit grosser Annäherung abzuleiten, wobei man sich bei den Rechnungen auf einen kleinen Umkreis von 30—40 *km* beschränken kann. Es bietet sich daher für gewisse geophysikalische Untersuchungen und auch für manche praktische Zwecke dadurch ein schätzbares Hilfsmittel, auf verhältnismässig einfache Weise sich über die Stellung des Lotes und des daraus sich ergebenden Einflusses auf Triangulationen u. dergl. zu orientieren. Weiterhin ist es aber auch möglich, durch die Vergleichung der aus den sichtbaren Massen berechneten Lotstellungen mit denjenigen, welche die direkten Beob-

achtungen ergeben, über die Verteilung der Massen in den Oberflächenschichten der Erdkruste weitere Anhaltspunkte zu gewinnen, wodurch die Resultate, welche aus den Beobachtungen der Intensität der Schwere folgen, gestützt und genauer umschrieben werden.

Dergleichen Überlegungen möchten auch geeignet sein, sich vor Irrtümern zu bewahren, wie es z. B. die rein spekulativen Untersuchungen über die Niveauänderungen der Meere in der Eiszeit waren, während doch die entsprechenden Attraktionsrechnungen erlaubten, sofort die richtigen Grössenänderungen festzustellen.

Längenbestimmungen im Gebiete der österreichisch-ungarischen Monarchie. Die vom k. k. militär-geographischen Institut in Wien für die internationale Gradmessung ausgeführten Bestimmungen von Längenunterschieden, sowie die Ausgleichung des Längennetzes der österreichisch-ungarischen Monarchie, sind beendigt und ihre definitiven Ergebnisse jetzt publiziert.[1]) Die Längen sind sämtlich auf die der Wiener Sternwarte bezogen, deren Längenunterschied gegen Greenwich schon früher von Bakhuyzen genau ermittelt worden ist. Von dieser ausgehend sind die Längen der Hauptfixpunkte folgende:

	Östl. Länge von Greenwich		
Wien, k. k. Sternwarte, Zentrum der grossen Kuppel	1^h	5^m	21.39^s
Wien, Laaerberg, I. Fixpunkt der Gradmessung	1	5	36.21
Krakau, k. k. Sternwarte, Zentrum des Meridiankreises	1	19	50.30
Lemberg, Sandberg, Fixpunkt der Gradmessung	1	36	11.15
Czernowitz, erzbischöfl. Garten, Fixpunkt der Gradmessung	1	43	41.75
Kronstadt, Schlossberg, trigon. Punkt I. Ordnung	1	49	23.36
Budapest, Szechenyi-Denkmal, Fixpunkt der Gradmessung	1	15	58.04
Sarajewo, südöstlicher Basisendpunkt	1	13	18.27
Ragusa, Fixpunkt der Gradmessung auf Le Dance	1	12	24.31
Pola, k. k. Sternwarte, Meridiankreiszentrum	0	55	23.07
Bregenz, Pfänderberg, trigon. Punkt I. Ordnung	0	39	6.34
Kremsmünster, Sternwarte, Meridiankreis	0	56	31.61
Prag, trigon. Punkt I. Ordnung Dablic	0	57	51.89
Schneekoppe, trigon. Punkt I. Ordnung	1	2	57.65

Längenbestimmungen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Schott teilt[2]) die definitiven Ergebnisse der von 1866—1896 ausgeführten Bestimmungen von Längendifferenzen in den Vereinigten Staaten mit. Es werden 45 Hauptpunkte in ihrer Länge gegen den Greenwicher Meridian aufgeführt. Darunter Washington (Kuppel der alten Sternwarte) mit $5^h\ 8^m\ 12.15^s$ W. Gr., Chicago (Passageinstrument der Sternwarte 1881) mit $5^h\ 50^m\ 29.45^s$, New-Orleans (Passageninstrument) mit $6^h\ 0^m\ 16.76^s$, San Francisco (Lafayette-Park, Passageninstrument) mit $8^h\ 9^m\ 42.86^s$. Der wahrscheinliche Fehler dieser Bestimmungen ist nahezu 0.05^s.

---

1) Die astron.-geodätischen Arbeiten des k. k. militär-geogr. Instituts zu Wien. 16. Wien 1899.
2) Report 1896—1897. Un. St. Coast. and Geodetic Survey. 2. Washington.

Die geodätischen Arbeiten in Nordamerika. Über den Stand der geodätischen Arbeiten in den Vereinigten Staaten berichtet Erasmus D. Preston.[1]) Die Ausführung derselben geschieht nach dem 1843 festgestellten Arbeitsplane. Im ganzen sind bisher 203 Grundlinien gemessen worden, darunter 19 Hauptbasislinien. Vor allem hervorzuheben ist die Messung des grossen Parallelkreisbogens unter 39° nördl. Br., der vom Atlantischen bis zum Stillen Ozean reicht, und dessen Endpunkte 49° Längenunterschied zeigen. Die höchste Station bei dieser Triangulation hat 4300 *m* Seehöhe; die grösste Dreiecklinie hat 294.104 *km* Länge (zwischen Mt. Ellen und Uncompahgre). Ein zweiter, schräg zum Meridian liegender Bogen von 22° Länge ist von der nordöstlichen Grenze in Maine bis zum südwestlichen Ende von Alabama, am Golfe von Mexiko, gemessen worden und ebenso, wie erwähnt, ein Parallelkreisbogen von 49° Längenunterschied, entlang dem 39. Breitengrade, vom Atlantischen bis zum Pazifischen Ozean. Die ganzen Neuengland-Staaten, ein grosser Teil der Mittelstaaten und ein ansehnliches Areal im S und W sind mit Triangulationen bedeckt, und in den anliegenden Regionen sind bereits sorgfältige Rekognoszierungen vorgenommen.

Diese Bögen werden wesentlich dazu beitragen, unsere Kenntnis der Erdgestalt in Nordamerika zu vervollständigen, besonders da auch zahlreiche Messungen der Intensität der Schwerkraft ausgeführt wurden. Geplant wird eine grosse Breitengradmessung längs dem 98° westl. L. Greenwich, die sich von der Südküste Mexikos bis in die Nähe des magnetischen Poles (Boothia) erstrecken soll.

2. Oberflächengestaltung.

Die Oberflächenform der Ebenen und ihre Umgestaltung unter der Einwirkung des ober- und unterirdisch zirkulierenden Wassers; von A. P. Pawlow. Von dieser in russischer Sprache erschienenen Abhandlung giebt Max Friederichsen eine lichtvolle Analyse,[2]) der folgendes entnommen ist:

»Gebirge verdanken ihre Existenz Verwerfungen und Faltungen der Erdkruste. In weiten Ebenen, wie dem russischen Flachlande, sind derartige Störungen von geringerer Bedeutung, da sie, in ihrer Ausdehnung beschränkt, den Grundcharakter der Gegend wenig verändern (vergl. Falten am rechten Dnjepr-Ufer). Weit wichtiger erscheinen diejenigen Kräfteäusserungen, welche von aussen auf das vom Meere oder Inlandeise verlassene Land während ungezählter Jahrtausende ausgeübt wurden, speziell unter der mannigfachen Beihilfe des Wassers.

Wenn auch unter der Oberfläche wirkend, so doch durch oberflächliche Niederschläge veranlasst, gehört unterirdisch zirkulierendes

---

[1]) Petermann's Mitteilungen 1900. p. 73.
[2]) Petermann's Mitteilungen 1900. Litteraturbericht. No. 28. p. 7.

Wasser als einflussreiches Agens diesem Erscheinungskreise an. Pawlow schlägt für die Gesamtheit der Wirkungen dieses im Gebiete der russischen Ebenen nicht seltenen Phänomens nach Analogie sonst üblicher Ausdrücke (z. B. Denudation, Erosion u. s. w.) den Namen »Suffosion« (vom lat. Wort »suffodio«) = Untergrabung vor. Der Ausdruck dürfte dem Wesen der Erscheinung entsprechen.

Können durch Suffosion Senkungen und Unebenheiten des Reliefs erzeugt werden, so vermögen die mannigfaltigen Prozesse der »Akkumulation« den entgegengesetzten Effekt auf den Habitus der Ebene auszuüben.. Vor allem werden durch fluviatile Absätze vorhandene Vertiefungen durch Alluvionen ausgefüllt. Beispiele bieten in zahlloser Menge die heutigen Flüsse Russlands, sowie die mächtigen eiszeitlichen Flusssysteme, deren Spuren wir in Russland (analog den Verhältnissen des norddeutschen Flachlandes) in Gestalt breiter, das rezente Alluvium begleitender Sandflächen nachzuweisen vermögen (z. B. im Flussgebiete der Sura, Swijaga und Mokscha, westlich Simbirsk a. Wolga).

Durch Lagerungsverhältnisse und Struktur vom Alluvium verschieden, durch Gleichheit des Bildungsprozesses zu einer genetischen Gruppe vereint, stellt Pawlow dem Alluvium das »Deluvium« gegenüber. Der Name (abgeleitet vom lat. Wort: de-luo = abwaschen) und die unter ihm zusammengefassten Bildungen stellen nach Pawlow's Definition alle jene petrographisch so verschieden ausgebildeten Ablagerungen dar, welche in meist bedeutender Mächtigkeit die Hänge von Erhebungen, sowie die Abdachungen von Senken als Verwitterungsprodukte bedecken und, durch die Einwirkung der Regen- und Schneewässer von den Höhen zu den Tiefen verschleppt, vorhandene Unebenheiten des Reliefs auszugleichen suchen. Nach ihrem petrographischen Habitus können diese Bildungen sehr verschieden vom Anstehenden ihrer direkten Unterlage sein und je nach Art und Umständen ihrer Entstehung von Breccien, Konglomeraten und Sanden bis zu Lehmen, Mergeln und fein zerriebenen lössartigen Gebilden variieren. Wenn man die bei der Bildung solchen »Deluviums« vorwaltenden Faktoren (räumlich unbegrenzte Wirkung der Atmosphärilien in Gestalt von Regen, Schnee u. s. w.) vergleicht mit den vorwaltenden Agenzien, welche zur Entstehung von Alluvium (in bestimmten Grenzen fliessendes oder stehendes Wasser) und Eluvium (Wind) führen, so wird man gegen die genetische Selbständigkeit von Pawlow's »Deluvium« kaum etwas einwenden können und die Zusammenfassung dieser auf gleiche Ursachen zurückführbaren jugendlichen Bildungen unter gemeinsamem Namen nur billigen können. Deluvium ist demnach die ganze Masse verschiedenartigen Verwitterungsmaterials, welches nicht Alluvium und nicht Eluvium darstellt.

Verändern erwähnte Vorgänge das Relief der Ebene durch Aufschüttung, so arbeitet Erosion am Relief durch Abtragung. Gemäss ihrer morphologischen Bedeutung nimmt daher die Betrachtung

der Erosionswirkungen einen breiten Raum in Pawlow's Ausführungen ein. Unter ihnen beansprucht, neben einer durch Beispiele und Zeichnungen belegten theoretischen Betrachtung über Typen von Erosionsschluchten, die Erörterung der in Russland besonders häufigen asymmetrischen Thäler besonderes Interesse. Pawlow beschränkt sich dabei auf einige lehrreiche Beispiele, welche sich ungezwungen und ohne Herbeiziehung des sonst zur Erklärung benutzten sogenannten Baer'schen Gesetzes lediglich aus der geologischen Lagerung befriedigend erklären lassen. Pawlow weiss auf Grund seiner Erfahrungen als aufnehmender Geolog eine grosse Zahl von Fällen anzuführen, wo sich der Gegensatz des steilen zum flachen Ufer in ungezwungener Weise als Folge isokliner Neigung der durch das Flussthal angeschnittenen wasserführenden Schichten erklärt. Dadurch wird einseitiges Auftreten der Quellen an einer Thalseite und Ausbildung der durch diesen Quellenhorizont unterwaschenen Thalwand als Steilabbruch bedingt. Die gegenüberliegende Thalseite ist dann quellenarm und sanft ansteigend, weil die Neigung der wasserführenden Schichten, nicht wie auf der Steilseite, dem Thale zugewandt ist und demnach keinen Quellenhorizont zu veranlassen vermag. Natürlich können sich asymmetrische Thäler auf diese Weise nur bei Flüssen bilden, welche dem Streichen der Schichten folgen, und in der That finden wir in der russischen Ebene sehr häufig derartige Beispiele. Während die Swijaga (rechter Nebenfluss der mittlern Wolga) in ihrem meridionalen Laufe die O—W streichenden und nach S einfallenden Schichten in einem nahezu symmetrischen Thale durchsägt, finden wir bei den linken Zuflüssen, welche in der Streichrichtung der Schichten fliessen, die Nordhänge steil und quellenreich, die Südhänge sanft und quellenarm. Auf dieselbe Weise erklärt Pawlow den Gegensatz der Thalseiten einiger nördlicher Zuflüsse des Samara-Flusses (zwischen Samara und Orenburg). Weitere treffliche Beispiele bietet die Gegend zwischen Kursk und Charkow. Auch auf Verhältnisse ausserhalb Russlands glaubt Pawlow diese Erklärung anwenden zu dürfen. So erklärt er die Ungleichseitigkeit der von Tietze[1]) aus der Umgegend von Lemberg beschriebenen Thäler, sowie die von Rucktäschel[2]) durch Wirkung vorherrschend westlicher Regenwinde erklärten einseitigen Thäler des westlichen Sachsens auf gleiche Weise.

Es lässt sich nicht leugnen, dass Pawlow's durch charakteristische und genügend untersuchten Beispiele belegte Erklärungsversuche asymmetrischer Flussthäler Russlands für eine Reihe von Fällen eine ungezwungene und befriedigende Erklärung bieten. Trotzdem kann in sehr vielen und markanten Fällen diese Erklärung nicht in Frage kommen, wie solches auch vom Autor keineswegs beansprucht wird. Der grossartige Kontrast von rechtem Steil- und

---

1) Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt 1882. 32. Heft 1.
2) Petermann's Mitteilungen 1889. p. 224.

linkem Wiesenufer, wie ihn die nahezu meridional fliessende Wolga südlich ihres Knies bei Kasan darbietet, kann beispielsweise auf obige Art nicht erklärt werden, da der Fluss südlich Kasan ziemlich senkrecht zum Schichtenstreichen abfliesst. Hier, wie in andern Fällen, dürfte die seitliche Erosion des Flusses ein Faktor sein, welcher, von Pawlow in seinem Aufsatze nicht berührt, neuerdings in Philippson's Reiseskizzen[1]) der Beachtung der Kenner Russlands angelegentlich empfohlen wurde.

Die deutsche Nordseeküste in physikalisch-geographischer und morphologischer Hinsicht bildet den Gegenstand einer Studie von Reinhold Haage.[2]) Lage und Gestalt der deutschen Nordseeküste werden nach dem Verf. durch zwei Linien und einen Punkt fixiert: a) Mündung der Westerwoldschen Aa in den Dollart bei der Stadt Bunde — Bremen — Hamburg — Hvidding; b) Westspitze von Borkum — Marne bei Brunsbüttel — Nordspitze von Romoe; c) Helgoland. Die zweimal gebrochene Linie Aa-Mündung — Bremen — Hamburg — Hvidding repräsentiert die sogenannte Innenküste, d. i. die Linie, die die Punkte verbindet, mit denen das Meer am weitesten landeinwärts reicht. Der Rechtwinkelzug Borkum — Marne — Romoe bildet gewissermassen das Rückgrad der ganzen Küste. Das Felseneiland Helgoland schliesslich liegt gleichsam im Schwerpunkte des rechtwinkligen, gleichschenkligen Dreieckes, das durch diese Linie b) und die gerade Verbindung Romoe — Borkum eingeschlossen wird.

Zunächst betrachtet Verf. die geologische Entwickelungsgeschichte der deutschen Nordseeküste: »Bekanntlich war während der Oligocänzeit ganz Norddeutschland bis an den Fuss des Erzgebirges von einem Meere bedeckt, das durch einen schmalen Meeresarm längs des Senkungsgrabens des Oberrheins zwischen Taunus und Vogelsgebirge und zwischen Vogesen und Schwarzwald mit einem nordalpinen Tertiärmeere verbunden war. In der darauffolgenden Epoche, dem Miocän, löste sich diese Verbindung zwischen Nordmeer und Südmeer. Das eine zog sich nach Nordwest, das andere nach Südost zurück. Schliesslich lag von Deutschland ausser der nördlichen Kalkalpenzone und der schwäbisch-bayrischen Hochebene nur noch das Gebiet der heutigen Hochmoore unter Wasser, d. s. die Länder Schleswig-Holstein, Mecklenburg, Hannover, Oldenburg und die Niederlande. Die Nordküste Deutschlands mag in dieser Zeit einen Verlauf gehabt haben, der sich etwa durch die folgenden Orte andeuten lässt: Rostock, Wittenberge, Hannover, Bielefeld, Münster, Essen, Brüssel, Ostende.

Zur Pliocänzeit scheint nur noch die Niederung der Rheinmündung vom Meere bedeckt gewesen zu sein. In Deutschland ist die Pliocänformation nicht vertreten, ein Zeichen dafür, dass dasselbe während der Ablagerung dieses letzten Elementes des Tertiärs bereits Land war. Die Zeit der Entstehung der deutschen Nordseeküste in ihrer heutigen Grundform dürfte demnach zwischen dem Miocän und dem Pliocän zu suchen sein. Immerhin können vielleicht auch noch in der Quartärzeit geringe Transgressionen stattgefunden haben. Ja, es sprechen viele Anzeichen dafür, dass die Küstenstriche von Hannover, Oldenburg und Holstein

[1]) Zeitschr. d. Gesellschaft f. Erdkunde zu Berlin 1898. p. 35 ff. — Petermann's Mitteilungen 1899. p. 269—271.

[2]) Mitt. des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1899. Leipzig 1900.

während der diluvialen Vergletscherung Norddeutschlands zeitweise von einem seichten Meere bedeckt waren. Bei Stade, Bredstedt, Meldorf, Rotenburg und vielen andern der Nordseeküste nahegelegenen Orten sind im Korallensande, dem interglazialen Ablagerungsprodukte, Thonlager mit marinen Ablagerungen, Resten ehemaliger Austernbänke gefunden worden. Mithin muss das Meer in dem auf die erste Eiszeit gefolgten Zeitalter sich weiter landeinwärts erstreckt haben als heute.

Auch während der letzten Vergletscherungsepoche ist Nordwestdeutschland wahrscheinlich Meer gewesen. Denn nicht nur die sogenannten Friktionserscheinungen des Inlandeises, wie Schliffe, Schrammen, die erratischen Blöcke, die gesellig auftretenden Evorsionsseen, haben die der Nordsee zunächst gelegenen deutschen Küstenstriche nicht aufzuweisen — der 182 *m* hohe Piesberg bei Osnabrück ist für die deutsche Nordseeküste der nächste Ort, an dem Gletscherschliffe deutlich ausgeprägt sind —, sondern es fehlt sogar in Hannover und Oldenburg westlich von der Linie Stade-Ülzen-Bergen a. d. Dumme der obere Geschiebelehm, das Zermalmungsprodukt der Gletschermoränen der letzten Eiszeit. Einen weitern Grund für die Annahme einer Meeresbedeckung Nordwestdeutschlands während der Eiszeit hat man in dem Umstande zu erblicken geglaubt, dass sich bei Groningen in Holland obersilurische Kalke finden, die von der Insel Gotland zu stammen scheinen, von denen man aber in Schleswig-Holstein und Hannover nicht die geringsten Spuren erblickt; und es liegt so die Vermutung nahe, dass der äusserste Nordwesten Deutschlands nur durch Drifteis von den Einwirkungen der diluvialen Vergletscherungen berührt worden sei. Für die letzte Eisperiode wenigstens ist dies wohl mit ziemlicher Gewissheit anzunehmen. Buchenau sagt von ihr: »Während der ganzen Zeit ihrer Dauer blieb der deutsche Nordwesten der verarmenden Ausspülung eines flachen Meeres oder der Auslaugung und Auswehung durch die atmosphärischen Gewässer und den Wind ausgesetzt«.[1]) Sie hat jedenfalls den Grund gelegt für die Unfruchtbarkeit der dürftigen, öden Geest- und Heidelandschaft Nordwestdeutschlands.«

Vulkanische und seismische Kräfte haben an der Bildung der deutschen Nordseeküste keinen Anteil gehabt.

»An vielen Stellen der Küste werden Anzeichen einer positiven Strandverschiebung in historischer Zeit angetroffen. An keiner Stelle kann eine Niveauveränderung konstatiert werden, die einer Hebung des Landes entspräche. Gleichwohl sind alle diese Argumente, namentlich weil man bis jetzt nur an einzelnen weit auseinander liegenden Orten Beobachtungen gemacht hat, noch nicht gewichtig genug, um die Annahmen einer allgemeinen positiven Strandverschiebung der ganzen Küste zu rechtfertigen. Sicher aber ist, dass Senkungen lokaler Natur stattfanden, die freilich zum Teil auch auf das Nachgeben des Untergrundes, der auf unreifen Mooren ruht, zurückzuführen sind. An manchen Stellen der Küste, wie in der Wilstermarsch am rechten Ufer der Unterelbe und am Dollart scheinen diese durch die Nachgiebigkeit des Untergrundes bedingten Senkungen des Landes noch anzuhalten.«

»Der Flutwechsel schwankt an den dem offenen Meere zugewandten deutschen Küsten zwischen 2.5 und 3.5 *m* und wird im Mittel als 3.3 *m* angenommen;[2]) er ist also, namentlich im Vergleiche zu dem an der englischen Küste, verhältnismässig gering. Auch besteht hier kein grosser Unterschied zwischen Springflut und Nipflut wie etwa bei Boston Deep an der britischen Ostküste, wo die Fluthöhe bei Springzeit 7.1 *m* und bei Nipzeit 2.8 *m* beträgt. Daher kommt es auch, dass an der deutschen Nordseeküste der Einfluss der Stürme auf die Gezeitenerscheinung merklich

[1]) Buchenau, Die Ostfriesischen Inseln und ihre Flora. (Verh. des XI. deutschen Geographentags zu Bremen. p. 132.)
[2]) cf. Tabelle der Hafenzeiten im Segelhandbuch der Nordsee Heft I. p. 56.

hervortritt. Durch Richtung und Stärke des Windes wird hier die Flutgrösse derartig verändert, dass zuweilen taube Fluten grösser erscheinen als Springfluten.

Ihr Maximum erreicht die Fluthöhe an unserer Küste bei Wilhelmshaven, 3.5 *m*. Dies liegt offenbar in der trichterförmigen, sackartigen Gestalt der Jade und der Verengung ihrer Mündung begründet. Von allen unmittelbar am Meere gelegenen deutschen Orten hat die Insel Helgoland die kleinste Fluthöhe. Dieselbe beträgt zur Nipzeit 1.8 *m*, zur Springzeit 2.8 *m*.

Von den gesamten Nordseeküsten haben nur die norwegischen und die dänischen geringere Fluthöhe als die deutschen; an diesen schwankt sie zwischen 1.0 und 1.5 *m*.

Die Geschwindigkeit der Gezeitenbewegung steigt an keinem deutschen Küstenorte über zwei Seemeilen in der Stunde.«

»Infolge des starken Salzgehaltes und der hohen Temperatur friert die Nordsee auf hoher See niemals zu. Nur an den Küsten und im Wattenmeere zeigt sich Eisbildung. Die Wattflächen, die sich längs der ganzen deutschen Nordseeküste hinziehen, begünstigen dieselbe ausserordentlich. Die seichten Wassertümpel, die bei Eintritt der Ebbe auf ihnen zurückbleiben, frieren leicht und schnell zu. Die zurückkehrende Flut hebt die Eisschollen auf, trägt sie landeinwärts und legt sie in einer geschützten Bucht nieder. Während jedes Niedrigwassers bildet sich eine neue Eisdecke über den Watten, die einen weitern Beitrag zur Eisanhäufung liefert. Hierzu kommt noch das Eis der Ströme und Küstenflüsse, das meist in Gestalt treibender Schollen dem Meere zugeführt wird. Sobald dieselben das Wattenmeer erreicht haben und in das eigentliche Bereich der Gezeitenbewegungen gelangt sind, werden sie von dem Hochwasser zum grossen Teile auf die zu beiden Seiten der Mündungen liegenden Watten und Sände hinaufgetrieben und dort niedergelegt.

Auf diese Weise ereignet es sich, dass in strengen Wintern das ganze ost- und nordfriesische Wattenmeer zufriert bis auf die wenigen breiten Tiefe, die dasselbe durchziehen. Dann sind die Inselbewohner oft wochen- und mondelang von jedem Verkehre mit dem Festlande abgeschnitten. Nur in Fällen dringendster Not werden dann Versuche gemacht, auf dem an Spalten und offenen Flussrinnen reichen Watteis mittels des Eisbootes, das je nach Bedarf als Schlitten oder als Kahn benutzt werden kann, das Land zu erreichen. Bei andauerndem Froste findet wohl auch zwischen dem Festlande und den nächstgelegenen Inseln ein Verkehr zu Fuss über die feste Eisdecke statt.

Die grösste Gefahr aber entsteht für die Inselfriesen erst dann, wenn das Watteis im Frühlinge zu tauen beginnt. Dann tragen gewaltige Orkane die Treibeismassen zuweilen bis auf die Wiesen und Gehöfte der Inseln hinauf, und solche Eisfluten richten oft grössern Schaden an als die Sturmfluten. Nach jedem Winter sind starke Veränderungen in dem deutschen Wattenmeere zu verzeichnen. An einer Stelle sind grosse Wattflächen von den Eisschollen fortgerissen worden, an einer andern sind neue Sände angesetzt worden; und in jedem Frühjahre muss die Betonnung in den Küstengewässern geprüft, und wo es sich nötig macht, ersetzt und verlegt werden.

Was die Eisverhältnisse in den Flussmündungen und Häfen der deutschen Küste anbetrifft, so sind, um diese eingehend zu ergründen, im Jahre 1882 vom Hydrographischen Amte der deutschen Admiralität an sämtliche Hafenbehörden Fragebogen zur Beantwortung ausgegeben worden.[1])

Diese behördlichen Anfragen lieferten für die Häfen der Nordseeküste die Fixierung der folgenden Thatsachen:

1. Die Eider (Hafenbehörde Rendsburg). Die Eider friert in sehr strengen Wintern bis unterhalb Tönning zu; sogar ein Teil des Purren-

[1]) Annalen der Hydrographie 1882. Heft VI.

stromes, d. i. die Ausseneider, ist dann mit Eis bedeckt. Niemals aber geht diese feste Eisdecke über Vollerwiek hinaus. Eisgang und Eisstauung sind auf der Eider noch nicht beobachtet worden.

2. Die Elbe (Hafenbehörde Hamburg). Auf der Elbe zeigt sich Eis in den Monaten Dezember bis März, so dass von Mitte Dezember bis Ende Februar unter Umständen der Schiffsverkehr durch Eis behindert ist. Das Eis bildet sich zuerst auf den Sänden und verschwindet zuerst wieder im Fahrwasser. Der stärkste Eisgang findet natürlich im Stromstriche statt. Eisstopfungen, die bei anhaltenden Ostwinden leicht eintreten könnten, werden durch die Thätigkeit der Eisbrecher verhindert.

3. Die Unterelbe (Hafenbehörde Kuxhaven). Ein völliges Zufrieren der Elbe findet von Glückstadt bis Kuxhaven überhaupt nicht statt. Ebbe und Flut halten die Eismassen beständig in Bewegung. Mit den im Februar und März eintretenden Regenschauern verschwindet die Eisbedekkung sehr schnell. Infolge der Vereisung müssen oft Segelschiffe vor der Elbmündung in dem Hafen von Kuxhaven Schutz suchen.

4. Die Weser (Hafenbehörde Bremen). Die Eisbildung bei Bremerhaven hängt von der Kälte im obern Stromgebiete ab. 2 bis 3 Tage anhaltende Fröste von — 4° C. bereits bilden auf den Sänden um den Leuchtturm »Hohe Weg« herum das sogenannte Jungeis. Das Eis bildet sich auf dem Ufer, das der Strömung am wenigsten ausgesetzt ist. Es kann zuweilen vorkommen, dass alte Fahrwasser durch den Eisgang zerstört und neue gebildet werden.

5. Die Jade (Hafenbehörde Wilhelmshaven). Es gab Jahre ohne jede Eisbildung und wiederum andere, in denen sich das Watteis bis Anfang April erhielt. Ein gänzliches Zufrieren des Fahrwassers findet in der Jade nicht statt. Der Eisgang ist am stärksten an den vorspringenden Ecken des Mündungstrichters und an der Leeseite des Fahrwassers. Eine vollständige Stockung des Schiffsverkehrs infolge des Eises tritt in der Jade nicht ein.

6. Ems und Dollart (Hafenbehörde Emden). Das Eis bildet sich zuerst an der Leeseite, dann auf der Luvseite, zuletzt im Fahrwasser. Der Frost währt von Mitte Dezember bis März. Der Dollart ist bei westlichen und südwestlichen Winden namentlich, in seinem östlichen Teile, mit Eis angefüllt; hingegen ist dann auf der holländischen Seite ein mehr oder weniger breites Fahrwasser offen.«

Die Frage nach der Entstehung der Marschen und Watten ist seit Jahrhunderten eine heftig umstrittene gewesen. Dass die Marschen Schwemmland sind, darüber ist man sich zu jeder Zeit klar gewesen. Doch sehen sie die einen für ein Schwemmprodukt der Flüsse an; andere wiederum halten die anschwemmende Thätigkeit des Meeres für den wesentlichen Faktor ihrer Entstehung. Dass das Meer nicht unbedingt erforderlich ist bei der Bildung von Neuland, darin ist den letztern Recht zu geben, das ersieht man ja daraus, dass sich längs des ganzen Unter- und Mittellaufs der Ströme Alluvionen, die sogenannten Flussmarschen, hinziehen, die frei von der Einwirkung des Meeres entstanden sind. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass, wie die neuesten von v. Gümbel angestellten Untersuchungen des Meeresbodens der Nordsee lehren, der thonige und schlammige Schlick oder Klei, der den Hauptbestandteil der Marschen bildet, nur in verschwindend geringen Mengen auf dem Meeresgrunde angetroffen wird. Prestel's Annahme, das Material der deutschen Marschen entstamme den englischen und schottischen Felsenküsten, an deren Zertrümmerung die Brandung ununterbrochen arbeite, wird durch die Thatsache hinfällig, dass die Trübung des Wassers der Nordsee erst im Wattenmeere beginnt, während draussen auf hoher See die Meeresfluten die schönste Klarheit aufweisen. Anderseits aber ist von Arend's an der Hand von Messungen der Schlickführung der Nordseeströme festgestellt worden, dass sämtliche der Nordsee zugehörige Flüsse Mitteldeutschlands in einem Zeitraume von 3 Jahrtausenden höchstens 6 Quadratmeilen, d. s. 330.36 *qkm*, Land hätten

bilden können, vorausgesetzt, dass alle Sedimente, die diese mitführen, an der Küste abgesetzt würden und nicht das geringste hiervon dem Meeresgrunde der hohen See zugeführt würde, ein Exempel, das an sich richtig sein mag, das aber bei einer Entscheidung der Frage nach der Entstehung des Marsch- und Wattenlandes nicht die Bedeutung besitzt, die ihm zuweilen zuerkannt wird, da es in dem offenbar ganz willkürlich angenommenen zeitlichen Faktor eine Voraussetzung in sich birgt, die noch der Bestätigung harrt. Denn wer sagt uns, dass die Marschbildung an der deutschen Nordseeküste erst seit 3000 Jahren vor sich gehe? Erst die Chemie hat uns gelehrt, in das Geheimnis der Neulandbildung an Flachküsten einzudringen: Vor allem ist eine grosse Menge von Meeressalzen zur Schlickbildung nötig, die Basen derselben, Kalkerde und Talkerde, verbinden sich mit der Humussäure, die das Flusswasser gelöst enthält, und liefern so den Schlamm, das wichtigste Bindemittel für die Sandmassen und übrigen Stoffe, die Meer und Fluss an den Mündungen anhäufen. Die humussauren Salze bilden den Hauptfaktor für die Entstehung der Watten und der Marschen. Hieraus erklärt sich auch in gewisser Hinsicht das Fehlen der Wattenbildungen in andern Meeren, wie z. B. in der salzarmen Ostsee.«

»Von den nordfriesischen Inseln, die sich längs der Westküste von Schleswig von der Halbinsel Eiderstedt bis zur Halbinsel Skalling erstrecken, bilden nur die fünf nördlichsten, Fanö, Kielsand, Koresand, Manö und Röm eine geschlossene gerade Linie. Aber schon die dreifingerförmige Insel Sylt springt um ein beträchtliches von dieser Linie nach Westen vor. Höchstens Amrum und das kleine Seesand vor der Süder-Aue können noch als Glieder jener Kette angesehen werden. Die breite Insel Föhr jedoch und die Halligen passen durchaus nicht zu einer reihenförmigen Anordnung. Letztere scheinen zur Zeit des Hochwassers kleine, über das Wattenmeer in wechselvoller Form bunt durcheinander hingestreute Inselchen zu sein; in Wahrheit sind sie nichts anderes als die Kuppen dreier breiter, an das Festland angegliederter Wattblöcke, die durch die Süder-Aue und die Norder-Hever voneinander getrennt sind. Die Inseln des nordfriesischen Archipels bilden also keineswegs in sich ein einheitliches Ganze; auch sind die beiden Halbinseln Skalling und Eiderstedt nicht als die natürlichen Abgrenzungen desselben anzusehen. Denn Skalling trägt genau denselben Dünencharakter wie die dänischen Sandinseln Fanö, Manö und Koresand; und was Eiderstedt anbetrifft, so steht fest, dass diese Halbinsel in historischer Zeit noch zu den nordfriesischen Inseln gehört hat und erst mittels Deichbauten künstlich an das Festland angegliedert worden ist. Wenn es also bei der geschlossenen Kette der ostfriesischen Inseln noch angängig ist, von einem »nehrungsartigen Inselstreifen« zu sprechen, für die nordfriesische Inselwelt würde eine solche Bezeichnung nur dazu angethan sein, eine irrige Meinung über die Entstehung dieser Inseln hervorzurufen.

Einwandsfreier und mehr einleuchtend dürfte die folgende Erklärung der Entstehung der friesischen Inseln sein: In früherer Zeit ragte das Festland in geschlossener Form noch ein Stück über die heutigen Inseln hinaus. — Hahn nimmt an, dass vor 2 bis 3 Jahrtausenden die Aussenkante des Festlandes etwa mit der heutigen 10 Faden-Isobathe zusammenfiel. — Das Wattenmeer bestand damals noch nicht. In gerader Linie setzte sich die jütische Westküste nach der Elbemündung hin fort und verlief von hier an, rechtwinkelig umbiegend, nach Westen. Die heutigen friesischen Inseln bezeichnen den damaligen, jedenfalls etwas erhöhten Dünensaum des Festlandes. Hinter demselben lagen, vielleicht tiefer als das Meeresniveau, Niederungen, ähnlich den heutigen Depressionen der Niederlande. Unter der Mitwirkung einer vielleicht noch heute andauernden positiven Strandverschiebung drang das Meer in die Mündungen der Ströme und Küstenflüsse ein. Letztere traten aus ihren Ufern, und es bildeten sich hinter den Dünen in den Niederungen Lagunen. Mit jeder Sturmflut erweiterten sich die Mündungsthore der Flüsse. Schliesslich vereinigten sich

bei fortschreitender positiver Strandverschiebung die Lagunen, von denen noch heute die Torfmoore zeugen, zu einem einzigen Wattenmeere, und von den Küstenrändern blieben nur noch die Inselreihen übrig; auf diese Weise erhielt das Überschwemmungsgebiet, das Wattenmeer, zwischen den Inseln ebensoviel breite Eingänge, als das Land Ströme und Küstenflüsse besessen hatte und noch besass. Die deutschen Nordseeinseln sind nicht als nehrungsartige Gebilde den Strandwällen der Ostsee zur Seite zu stellen, sondern sie sind kontinentale Abgliederungsinseln. Dass bei diesem Zerstörungswerke die Westküste Schleswigs stärker in Mitleidenschaft gezogen wurde als die ostfriesische Küste, kann nicht Wunder nehmen, da ja gerade dort die südlich der Doggerbank durch das Silver-Pit in westöstlicher Richtung verlaufende Gezeitenwelle senkrecht zur Küstenlinie auftrifft. Ein trefflicher Beweisgrund dafür, dass nur in dieser Weise sich die Entstehung der friesischen Inseln deuten lässt, liegt in dem Vorkommen von Dünen auf diesen Inseln. »Es ist an sich undenkbar«, sagt Meyn[1]), »dass eine Düne im tiefen Meere oder auch nur im offenen Meere entstehe; sie will und muss notwendig ein Festland hinter sich haben, um darauf zu wandern und Bestand zu gewinnen. Daher waren die Marschen westlich an der Inselkette, auf denen die Düne rückwärts gewandert ist, ... vorhanden, ehe die Dünenkette entstand. Damit aber Marsch sich bilden konnte, musste es ein schützendes Vorland auf der Aussenkante geben, und damit die Düne sich bilden konnte, musste das Vorland ein sandreiches sein.« Mit andern Worten: Das Festland muss einst noch ein Stück über die heutigen Inseln hinausgereicht haben. »Überall, wo Dünen auf Nehrungen ohne dahinterliegendes Festland sich finden, bezeichnen sie ein zerstörtes Festland, dessen Überbleibsel sie sind. Im Meere entsteht keine Düne.«

Im zweiten Teile seiner Arbeit behandelt Verf. die Morphologie und Morphometrie der deutschen Nordseeküste, bezüglich deren auf das Original verwiesen werden muss.

Veränderungen an der niederländischen Küste. Vom April 1896 bis zum April 1897 hat sich längs des ganzen Strandes von Delfland der Fuss der Dünen durchschnittlich um 5 *m* seewärts vorgeschoben. Die Dünen von Rijnland haben in der Provinz Südholland während des Jahres 1897 einen Zuwachs von 6 *m* erhalten, hauptsächlich längs des Dünenflusses, ohne dass der Strand dadurch Veränderungen erfuhr. Die neuen Strandmessungen längs der Dünen Nordhollands ergeben, dass seit 1843 auf einer Erstreckung von 66 *km* eine Abnahme des Dünenfusses um durchschnittlich 18 *m* stattgefunden hat, während jedoch die Niederwasserlinie im Durchschnitte sich um 26 *m* seewärts verschoben hat. Längs der Nordseeküste von Texel fand vom Mai 1850 bis Juli 1897 eine durchschnittliche Zunahme des Dünenfusses von 233 *m* statt, während die Hochwasserlinie 62 *m*, die Niedrigwasserlinie 86 *m* seewärts verschoben wurde. Texel ist sonach ein Punkt Hollands, wo sowohl der Strand wie die Düne seit Beginn der Strandmessungen bedeutend zugenommen haben.

---

[1]) Meyn, Die geognostische Beschreibung der Insel Sylt. Berlin 1876. p. 58 und 96.

Die Kalmitgruppe, bildet den Gegenstand einer litterarischen Studie von Dr. C. Mehlis.[1])

»Unter der Kalmit, oder richtiger dem Kalmit, versteht man den höchsten Gipfel, die beziehungsweise Gipfelgruppe des pfälzischen Buntsandsteingebirges, das in neuerer Zeit Hart oder Hardt genannt wird, jedoch in frühern Tagen noch zum Waskenwalde oder zu den Vogesen gerechnet wurde. Heisst doch Neustadt in Urkunden entweder »an der Hart«, oder »auf dem Wosigen«. Der Pfälzer sagt gewöhnlich »die« Kalmit, und so wollen wir es vorläufig belassen, obwohl die offiziellen Karten und Aufnahmen »der Kalmit« schreiben.

In geographischer Beziehung gehört zu dieser Buntsandsteingruppe die ganze Masse, die im Westen vom obern Hüttenbache, Finsterthale und Schönthale, im Norden vom Speyerbache, im Osten von der Rheinebene, im Süden vom untern Hüttenbache begrenzt wird, der von St. Martin am Kropsbache — von der Krupsburg — genannt wird und unterhalb Geinsheim in den Speyerbach eintritt.

Der Hauptkamm dieser Gruppe ist im Westen von einer tektonischen Verwerfungsspalte begrenzt,[2]) welche von der Queich bei Albersweiler über die Sättel zwischen Orensberg und Ringelsberg, Rossberg und Teufelsberg, Kesselberg und Blättersberg, Morschenberg und Hochberg, Rothsohlerberg und Kalmit, Hohberg und Königsberg zieht. Für die Kalmitgruppe ist der niederste Sattel oder Pass zwischen Rothsohlerberg 608 *m* und Kalmit 683 *m* von Wichtigkeit. Hier in dem »Hüttenthale« scheiden sich die zwei von der Westseite unserer Gruppe ziehenden Bäche, der Hüttenbach, der nach Süden und dann am Hüttenbergfusse nach Südostsüd fliesst, und der Finsterthalbach, der weiter unten das Buchenbachwasser, dann das aus dem Hellerthale kommende Bächlein, endlich den Kaltenbrunn aufnimmt, um dann in Schönthal zur Königsmühle, dem neuen Luftkurorte, hinabzuplätschern. Einen gemeinsamen Stamm trägt dieser letztere Bach merkwürdigerweise nicht.

Nach der andern Seite der Kalmitgruppe senken sich noch folgende Thalungen und Thalwege ab:

1. Nach Nordwesten das Buchenloch. Es zieht zwischen einem Ausläufer der »Kleinen Kalmit« und dem Zwerchberge und bildet mit dem von der Teufelskehle und der Hüttenhohl herabkommenden Bächlein einen ansehnlichen Weiher, der zur Wasseraufspeicherung angelegt wurde. Vom südlichen Hange des Zwerchberges zieht ein alter Zickzackweg hinauf zum Hochsattel vom »Hahnenschritte«, der ca. 600 *m* Meereshöhe misst. Vom Buchenloche selbst führt kein Weg zur Höhe.

2. Von der Zwerchberghöhe zieht nach Norden und Westen, begleitet von »Steinenberg«, im Osten von den nördlichen Ausläufern der »Hohen Loog« (620 *m*), das buchenumrauschte, idyllisch-friedliche Kaltenbrunnerthal. Während dieser Erosionsriss weiter unten nichts darstellt als eine Thalschlucht, ist die Thalung oben kesselartig erweitert. Nicht weit vom Südostkamme entspringt die oberste Quelle.

3. Das in geologischer Beziehung interessanteste Thal entsteht nördlich vom Hauptkamme der Gebirgsgruppe, das Klausenthal. Es ist eines der wenigen Hochthäler des Hartgebirges, wenigstens in seinem obern Laufe, der vom »Kalten Brunnen« durch einen moränenartigen Wall, den nur der Waldweg durchbrochen hat, abgeschlossen wird. Während das Oberthal, begleitet von der Kalmit im Süden, dem kühnen Kegel des Taubenkopfes im Osten, vom Zwerchberge im Westen und der »Hohen Loog« im Norden, nach Nordosten seinen Lauf nimmt, bricht das Unterthal vom

---

[1]) Umlauft's deutsche Rundschau f. Geographie 22. p. 255.

[2]) Vgl. Leppla: »Über den Bau der pfälzischen Nordvogesen und des triadischen Westriches.« p. 52 — 53 und Tafel V.

»Kalten Brunnen« an plötzlich von dieser Richtung, ab, zieht entgegengesetzt nach Südosten und verharrt in dieser Richtung bis zu seinem Austritte aus dem Gebirge am Wetterkreuzberge.

Das obere Klausenthal, etwa 500 *m* hoch über dem Meere gelegen, erweitert sich zu einem kesselförmigen Abschlusse, einem Bottner, der ca. 300 *m* in der Breite und ca. 500 *m* in der Länge misst. Der Grund dieses Thalkessels ist von grossen Trümmerblöcken, sowie von unregelmässig verlaufenden Bodenerhöhungen bedeckt. Die Landschaft mit den anstehenden Felsmassen im Südwesten des Kessels, welche Reste von einer höhern zirkusartigen Felswand zu sein scheinen, macht den Eindruck eines alten Seebeckens, das bis zur Naturmauer am »Kaltenbrunn« gereicht haben muss. Ob man es hier wirklich mit glazialen Erscheinungen zu thun hat, darüber wird eine demnächst im Thalkessel vorzunehmende Aufgrabung Klarheit verschaffen.

4. Das vierte, breiteste Thal geht direkt nach Südosten; es heisst das Alsterthal und durchzieht den Ort Alsterweiler, dessen Gemeinde zugleich mit dem stattlichen Maikammer das Massiv der Kalmit als Eigentum gehört. Auch beim Alsterthale beobachten wir die wannenförmige Ausweitung des Oberthales, die beim Kaltenbrunner- und beim Klausenthale auffällt. Der obere Thallauf ist stark entwaldet, der Fussweg stark ausgeflösst. Den Thalschluss bildet der 403 *m* hohe Wetterkreuzberg, der Mittelpfeiler zwischen Klausen- und Alsterthal, gleichfalls geschmückt mit einem hohen, meist leuchtenden Kreuz, wie seine Nachbarn.

5. Das letzte Thal zieht nach Süden, das Wolsel oder Walsel genannt. Es hat in seinem Oberlaufe die ausgeweitete Gestalt einer Wanne und ist ein Bottner. Die steilen Wände im Westen und Süden flachen sich nach Osten hin ab. Zwischen Wolsel- und Hüttenbachthal zieht sich von Nord nach Süd die Felswand des Hüttenberges mit seiner höchsten Kuppe, dem 627 *m* messenden Hausfels, genannt das »St. Martiner Felsenmeer«. Dieser Felsgrat hat an der schmalsten Stelle nur ca. 20 *m* Breite, zeigt nach Osten, dem Wolsel zu, zerrissene, gehöhlte, unterwaschene Felsschollen und Felsrippen aufweist, die vielleicht ebenfalls auf glaziale Einwirkungen zurückzuführen sind.

Vermutlich war hier, wie im Klausenthale, der Anfang zu einem Zirkussee durch einen sogenannten »Bottner« gebildet. Letzteres hat die Felswand zum Teil noch unten im Thalkessel, ersteres die unterwühlte Felszone hoch oben am Rande des Amphitheaters bewahrt. An eine Erosionsarbeit ist hier wie im Wolsel auf der geschützten Ostseite wohl kaum zu denken. Über den Grat zieht jetzt hinab ins Wolsel ein neu angelegter, hübscher, aussichtsreicher Fusspfad.

So ist der Hauptgrat der Kalmit umgeben von sieben Thalungen, zwischen denen sieben Seitengrate liegen, deren Höhenlagen von 400 bis 600 *m* ansteigen. Die Seitengrate erniedrigen sich am meisten nach Westen und Osten zu, während im Norden die »Hohe Loog« und im Süden der Hüttenberg 620 und 629 *m* Höhe bewahren. Darnach und aus geognostischen Gründen ist man berechtigt, den Hauptgrat der Kalmitgruppe parallel der tektonischen Verwerfungsspalte von Südwestsüd nach Nordostnord vom Hüttenberge an über den Hausfels zur »Kleinen Kalmit« mit dem Ausläufer zur eigentlichen Kalmit, und über den Hahnenschritt, den Zwerchberg bis zur »Hohen Loog« zu ziehen. In der Luftlinie misst dieser Grat 3 *km*, in der Wirklichkeit aber 4 *km*; ein Ausläufer im Norden ist der 490 *m* hohe Nollen. Über den zunächst höchsten Punkten dieses Hauptkammes — Hausfels 627 *m* und Hohe Loog 620 *m* — erhebt sich der höchste Kamm zwischen »Klein Kalmit« und Kalmit noch 30 bis 60 *m* höher. Dieser halbbogenförmige Hauptkamm, der nach Süden, dem Wolsel zu, flach geöffnet ist, hat eine Richtung von West nach Ost in einer Länge von ca. 400 *m*. Dieser Hauptgrat ist von Ost nach West geneigt und schneidet dicht vor den Felsmassen der »Kleinen Kalmit« etwas in den Kamm ein. Wie im Westen, lagern auch im Osten des Hauptgrates ge-

waltige Blockmassen, auf denen hier der ca. 12 *m* hohe Aussichtsturm, die zu Ehren des Maximilian Josef I., Königs von Bayern, errichtete Spitzsäule, sowie die Heinrichshütte auflagern.

Wie der Grat der Kalmit nach Westen abgedacht erscheint, so auch der des Drachenfels, des Donnersberges, des Kesselberges und zahlreicher andern in west-östlicher Richtung aufgebauten Höhenzüge im Pfälzerwalde.

Zweifellos trägt an dieser Erscheinung Schuld die Gewalt der von West und Nordwest kommenden Winde und Niederschläge. Diese nagen und schleifen zuerst an den sich ihrem Ungestüme entgegenstellenden Westecken und Westseiten und so wurden diese zuerst abgetragen und dann erst allmählich mit ansteigender Höhe der nach Osten sich fortsetzende Grat. Ausserdem jedoch hat zu diesem Gebirgsprofil jedenfalls die Aufrichtung der Hauptbundsandsteinschichten von West nach Ost beigetragen.

Was die geologische Schichtung der Kalmitgruppe betrifft, so gehört dieselbe nach der »Geognostischen Karte des Königreiches Bayern«, Blatt Speyer[1]), in ihrer ganzen höchsten Ausdehnung zum »Obern Buntsandstein« (Trippstadt- und Karlsthalschichten). Er enthält auf 110 bis 130 *m* über rotbraunen Sandsteinen zahlreiche, feste quarzitische Sandsteine mit spärlichen Geröllen aus weissem Quarz und roten Quarziten. Die beiden Gipfel jedoch werden von dem sogenannten Carneolglomerat[2]) gebildet, das hier einen grobkörnigen Sandstein mit vielen grössern Geröllen bildet. Zum »Obern Hauptbuntsandstein« gehören auch die vom Hüttenberge bis zum Steinberge ziehenden Felszonen.«

Die Dünen der Gascogne behandelt R. Le Mang.[3]) Von der Pointe de Grave im Norden bis zur Mündung des Adour im Süden, über 240 *km* weit, begleiten sie in ununterbrochener Folge die Küste. Ihre Höhe ist sehr wechselnd, sie schwankt zwischen 3 und 89 *m*. Die Düne dieser Höhe, die von Lescours, galt lange Zeit als die höchste Europas. Bei einem Materiale aber, das so jeder Veränderung zugänglich ist wie der Dünensand, lassen sich feststehende Zahlen nicht gut geben. Im allgemeinen kann man sagen, dass die Dünen in der Mitte, die zwischen La Teste und Biscarosse, von der Bucht von Arcachon und dem See von Parentis, mit einer Durchschnittshöhe von 40—45 *m* die grössten sind.

Auch in der Breitenerstreckung herrscht ein grosser Unterschied; oft bilden sie nur in einer einfachen Reihe einen schmalen Streifen von 100 oder 200 *m*, oft dehnen sie sich drei- und vierfach hintereinander bis 8 *km* weit ins Land hinein. Dort, wo die Dünen am breitesten sind, zwischen Biscarosse und Mimizan, sind sie auch am höchsten. Das Gebiet, das sie bedecken, hat man auf 85000 *ha* berechnet.

In ihrer Gestalt zeigen sie nichts Abweichendes vom Dünentypus. Aufgebaut sind sie fast nur aus feinem Quarzsande, der hier und da durch Eisen gelblich abgetönt ist. Am Strande finden sich noch geringe Beimischungen von Kalk und vegetabilischen Stoffen, die von Muscheln und Seegewächsen herrühren; in den eigentlichen Dünen ist fast nichts davon zu finden. Der Sand besteht aus

---

[1]) Bei Gümbel: Karte und Erläuterungen. p. 14 — 15 = $\underline{b2o}$.
[2]) Gümbel a. a. O. p. 16 — 17 = $\underline{b8}$.
[3]) Deutsche Geogr. Blätter **22.** 235. Gaea 1900. Heft 5. u. 6.

kleinen runden Perlen, deren Durchmesser 0.6—0.8 *mm*, selten mehr als 1 *mm* beträgt. Er stammt, wie man jetzt wohl allgemein annimmt, von dem grossen unterseeischen Plateau, das sich in einer Breite von 30—60 *km* vor der Küste ausdehnt. Wie bei allen Dünen hält sich in einer Tiefe von 30 *cm* an eine stete Feuchtigkeit und eine gleichmässige Temperatur von + 10 bis 15° C., selbst wenn die Hitze an der Oberfläche + 60° C. übersteigt.

Über die Zeit der Entstehung, die man früher für alle Dünen als einheitlich festsetzte, gingen die Meinungen weit auseinander; von den Anfängen der Tertiärzeit bis zum Ende des Quartär ist man auf der Suche nach einem Anfangspunkte gelangt.

Neuere, eingehende Untersuchungen haben nun dargelegt, dass man zwei Arten von Dünen unterscheiden muss.

Während die Dünen, die unmittelbar am Strande oder dicht dahinter sich erheben, ganz natürlich ihre Längenerstreckung diesem parallel von Norden nach Süden haben, finden wir hinter ihnen, von Arcachon bis Bayonne über das Gebiet gruppenweise verstreut, besonders zahlreich aber im Süden, Dünen, die gerade rechtwinklig dazu von West nach Ost sich erstrecken. Und wenn jene früher kahl waren und wanderten, so trugen diese eine alte Bewaldung und ruhten schon seit Jahrhunderten.

Auf diesen Unterschied hat zuerst Durègne[1]) aufmerksam gemacht in einer Schrift: Dunes primitives et forêts antiques de la côte de Gascogne, auch Grandjean[2]) in seiner eingehenden Studie: Les landes et les dunes de Gascogne schliesst sich dieser Ansicht an. Als ich südlich von Arcachon vom Strande her über mehrere Dünenrücken hinweg und durch den jungen Wald, der hier aus dem nackten Sande spriesst, plötzlich in ein Längsthal kam und in ihm durch einen wahren Urwald vordrang, dessen dichtes Gewirr von Unterholz nur einen schmalen Pfad freiliess, als ich hier Baumriesen sah mit einem Durchmesser von fast 2 *m* und von Kirchturmhöhe, alte Recken, die mindestens ein halbes Jahrtausend erlebt haben: da wurde mir dieser Unterschied auch zur Gewissheit, ein Unterschied, der bei verschiedenen sich auch auf die Beschaffenheit des Sandes erstreckt, der viel gröber ist, als bei den jüngern Dünen.

Manche dieser alten, festliegenden Sandberge sind von ihren jungen vordrängenden Geschwistern überschüttet worden, wie versteinerte Baumstämme und -stümpfe und altes Astwerk bezeugen, das in Dünenthälern und am Meeresstrande, im Rücken der wandernden Ketten aufgetaucht ist. Laval[3]) in seinem Mémoire sur

[1]) Durègne, Dunes primitives et forêts antiques de la côte de Gascogne. Bordeaux 1897 und vorher in den Comptes rendus de l'Académie des sciences de Bordeaux, 22. Dezember 1890. Sur la distinction de deux âges dans la formation des dunes de Gascogne.

[2]) Grandjean: Les landes et les dunes de Gascogne, Bulletin de la Sociéte de Géographie commerciale de Bordeaux 1896. No. 5—11.

[3]) Laval: Mémoire sur les dunes (Annales des ponts et chaussées. Serie 11. Tome 14.

les dunes erzählt, dass er selbst gesehen habe, wie bei Biscarosse ein alter Dünenwald verschüttet wurde.

Die ältesten Nachrichten, die wir über diese Gegend besitzen, weisen auch auf eine allgemeine Bewaldung hin.

So kennzeichnet Plinius[1]) dieses Gebiet mit den Worten: A Pyrenaeo per Oceanum Vasconiae saltus. (Von den Pyrenäen zieht sich längs des Meeres der vaskonische Wald hin.)

Dreihundert Jahre später wendet Paulinus, ein Schüler des Ausonius, dieselben Worte für dieselbe Gegend an, indem er sagt:

Quid tu mihi vastos Vasconiae saltus et ningida Pyrene Obicis hospitalia?

Und in einem Briefe an Ausonius selbst spricht er von den piceos Boios, den pechschwarzen Bojern, den Bewohnern dieses Landes, die er dem glänzenden Burdigala gegenüberstellt:

Placeat reticere nitentem Burdigalam et piceos malis describere Boios.

Im Mittelalter (1382) treten dann Urkunden auf, die uns von Wäldern auf den Dünen des Medoc berichten, in denen Hirsche, Rehe und Wildschweine gejagt wurden. Auch die Namen solcher Wälder sind uns erhalten, so für 1286—1332 forêt du Mont à Lilhan, forêt de Lesparre, 1347 forêt de la Règne.

Nirgends ist hier nun, und das ist besonders bemerkenswert, von andern Dünen, nirgends von ihrem Wandern die Rede. Es wäre doch merkwürdig, wenn keine einzige Kunde davon zu uns gedrungen wäre, wenn diese eigenartige Naturerscheinung den alten Geographen oder einem Ausonius und Paulinus völlig entgangen wäre.

Dies und die Nachrichten, die wir sonst über die Küste und über diese Gegend haben, bestimmen mich, die Entstehung der jüngern Dünen in die neueste Zeit der Erdgeschichte, in die historische Zeit zu verlegen. Diese Nachrichten zeigen uns die Küste belebter, als sie heute ist.

Ausonius erwähnt einen Hafen Dumnotunum; der Abée Baurein,[2]) ein Chronist von Bordeaux, erzählt, dass noch Überreste des untergegangenen Ortes Novio Magus beständen. Auch ein Ort Anchises wird öfters genannt.. Die rotuli vasconi des 16. Jahrhunderts sprechen noch von den Häfen von Vieux Soulac, Mimizan, Contis, Cap Breton. In dem Hafen von Mimizan z. B. pflegten die Fischer von La Teste bei plötzlichem Unwetter Schutz zu suchen.[3]) Die Könige von England und später die von Frankreich gaben die Küste mit verschiedenen Rechten, z. B. das der Zollabgabe für Schiffe, zu Lehen.[4])

Für diese Häfen wäre jetzt an der Küste gar kein Platz. Daher kann man wohl die von den bedeutendsten Forschern vertretene

---

[1]) Plinius: Lib. IV. c. XXIV.
[2]) Baurein: Variétés Bordeloises
[3]) Thore: Promenades sur les côtes du golfe de Gascogne 1810.
[4]) Charles Bale: La vérité sur la fixation des dunes. 2. édition.

Annahme als richtig ansehen, wonach die Küstenlinie früher da durch Meeresbuchten unterbrochen wurde, wo wir jetzt die grossen Seen der Landes haben. Diese Baien haben sich erst in Haffe, dann durch Schliessen der Mündungen in Strandseen umgewandelt und sind später durch den Andrang der Sandmassen ins Land getrieben worden.

Diese Annahme wird bestätigt dadurch, dass die Bucht von Arcachon nur durch künstliche Mittel offen gehalten und vor dem Schicksale, ein Strandsee zu werden, bewahrt werden kann.

So hat wohl zur Römerzeit bis in die Völkerwanderung diese Gegend das folgende Bild geboten:

Von den Pyrenäen bis zur Mündung der Garumna erstreckt sich eine breite Flachküste, weiter ins Meer vorgeschoben als jetzt. An ihr liegt eine Reihe von grossen, flachen Buchten, die teilweise schon haffartig geschlossen sind. Hinter dem breiten Küstensaume erheben sich, rechtwinklig zu ihm, festliegende Dünen mit einem dichten Forste bedeckt, der saltus Vasconiae, draussen aber, an der Wellengrenze, ist ein Gewirr niedriger Sandhügel, mit denen Wind und Wasser zu spielen scheinen. Die Bewohner leben in ihren Wäldern ruhig als Fischer und Jäger, vor allem liegen sie der Harzgewinnung ob, die ihnen eine gute Einnahmequelle ist.

Da kommt der Zusammenbruch des Römerreiches, die Stürme der Völkerwanderung und als deren Nachwehen die Einfälle der Mauren und später der Normannen. Mit dem Schwerte und besonders mit dem Feuer wüteten die Gegner. Die spärliche Bevölkerung wird fast ausgerottet, die Wälder gehen zum grossen Teile in Flammen auf, denn niemand war da, dem Feuer Einhalt zu thun. Das dauert so mehrere Jahrhunderte an.

Während dieser Zeit sind die Dünen vom Strande herangekommen, haben sich teils in die Lücken der Bewaldung geworfen, teils aufgestaut, haben die Haffe geschlossen und die ersten Ansiedelungen so überdeckt, dass kaum eine Erinnerung davon übrig blieb.

Die Bevölkerung richtet sich ein, so gut sie kann. Erst, als sie noch gering ist, empfindet sie das unaufhaltsame Vorrücken der Dünen nicht so sehr, später, wie nach einer Zeit der Ruhe sie zahlreicher geworden ist, werden mehr und mehr davon betroffen, und so tauchen, im 14. Jahrhunderte etwa, plötzlich Nachrichten von diesen wandernden Sandbergen, Klagen über ihre Verheerungen auf.

Für unsere Gegend ist es zuerst Montaigne, der in seinen Essais berichtet, dass depuis quelque temps der Sand ins Innere vordringe.

Die Verheerungen durch die Dünen. Zuerst ist es im Norden Soulac,[1]) das seinen Platz vor dem Andrange der Sandberge hat aufgeben müssen. Die im 12. Jahrhunderte erbaute Kirche,

[1]) Dutrait: De mutationibus orae fluvialis et maritimae in peninsula Medulorum etc. Bordeaux 1895. p. 62 ff. Baurein: Variétés Bordeloises.

die, wie es scheint, auf einer kleinen Anhöhe lag, war schon im folgenden durch die Dünen bedroht. Der Sand drückte so gegen die Aussenwände, dass man den Fussboden erhöhte, um den Mauern mehr Widerstandsfähigkeit zu geben. Lange Zeit kämpfte man um ihre Erhaltung, endlich, am 16. Februar 1744, beschlossen die Einwohner in einer Versammlung, eine neue Kirche landeinwärts zu bauen.[1]) Die alte wurde so verschüttet, dass nur noch die Turmspitze über der Düne hervorragte, in welcher der Strandwächter dann seine Wohnung aufschlug. Erst in diesem Jahrhunderte ist sie wieder ausgegraben worden.

Etwas nördlich von Soulac lag die Kirche St. Nicolai de Grava,[2]) die im Jahre 1092 von Ermenaldus gegründet worden war; schon 1322 war sie aus der Zahl der Parochien verschwunden, die dem Erzbistume von Bordeaux unterstanden. Der Name war noch bekannt, Cassini jedoch zeichnet in seiner Karte eine grössere Düne ein mit dem Namen »terrier S. Nicolas«. Dort waren die Sandberge schon über die Landzunge hinweg fast an den Ostrand gekommen. Denn in einem Schreiben vom 11. April 1742 an den Intendanten von Bordeaux beschwert sich der Kaplan der Kirche von Verdun, dass ein Nachbar, der eine Düne abgeholzt hatte, sie dadurch beweglich gemacht habe, so dass sie die Kapelle und sein Haus bedrohte. Als darauf nichts erfolgte, berichtete er später, dass der Sand Fortschritte mache und drohe, die Kirche völlig zu verschütten. (Archiv. Dép. Bord. Mss. C. 3328 und 3329.) Ein wenig südlich von Soulac lag der Sprengel S. Petrus de Lilhan. In den Recognitiones feodorum bekennt im Jahre 1274 Oliverius de Lilhano »tenere castellum de Lilhano et forestam quae dicitur Lemons« (Le Mont). Die Kirche ist aber 1546 schon so arm, dass sie nur 10 solidos einbringt. Ums Jahr 1600 ist sie verlassen, 1648 schon im Meere versunken. Nicht weit davon lag im Mittelalter ein Ort Carrau, von dem Baurein erzählt, dass er zu seinen Zeiten verschüttet worden. An Carrau erinnern noch die Dünen, welche diesen Namen tragen.

Eine Ortschaft Danglema,[3]) auch verschüttet, hat den Dünen ihren Namen gegeben, die als Dunes de Daugiama, de Danglama, d'Anglama, d'Anglema auftreten. In ihrer Nähe, bei La Pinasse,[4]) muss ein Hafen gewesen sein, der vielleicht unter Baurein's Magrepot (Magreport = macer portus?) oder unter der anse de l'Anglot, port des Anglots zu verstehen ist.

Dicht daran stiess der Ort Lavardin[5]) (Laverdun, Laverdin), der auch von Dünen verschüttet worden ist, dessen Spuren man aber in diesem Jahrhunderte wiedergefunden hat.

---

[1]) Archiv. Départ. de Bord. C. 3330. Ms.
[2]) Dutrait p. 63 und 68.
[3]) Dutrait p. 66.
[4]) Dutrait p. 65.
[5]) Dutrait p. 66.

Im Jahre 1354 wird ein Ort Artigua Extremeyra[1]) erwähnt, auch er ist jetzt von mächtigen Dünen bedeckt.

Die Seen von Carcans und von Lacanau bildeten früher einen einzigen von 6 *km* Breite und 30 *km* Länge, jetzt haben die Dünen zwischen ihnen einen 6 *km* breiten Landrücken aufgeschüttet. Dieser See hatte früher einen Abfluss ins Meer, genannt der Kanal von Anchises.[2]) Noch 1700 schreibt Paul Yvounet in seinem Flambeau de la mer: »de Cardan à Arcasson (de Corduan à Arcachon) .... entre deux est le havre de marée nommé Anchises, dans lequel on peut entrer de la haute mer avec de grands navires.« Aber schon 70 Jahre später berichtet Bougard im Petit flambeau de la mer: A moitié chemin (Soulac-Arcachon) est la petite rivière d'Anchises, dans laquelle il ne peut entrer que de très petits navires, et encore l'entrée est difficile, c'est pourguori elle n'est fruquentée de personne. Dieser chenal d'Anchises, wie die Anwohner ihn nannten, ging erst vom Nordende des Sees unmittelbar westlich zum Meere. Später wurde er durch Dünen zugeschüttet, und die Abflusswässer des Sees machten sich etwas nördlich davon eine neue Bahn. Als auch diese geschlossen wurde, wandten sie sich mehr nach dem Innern und setzten sich durch den Sumpf von Lespau mit der Deyre in Verbindung; ein Teil aber fand weiter nördlich doch einen Ausweg als Bach von St. Nicolas, der erst 1850 verschwunden ist. Auch einen Fichtenwald in der Nähe hatten die Dünen vollständig verschüttet.

Das Dorf Lège nördlich von der Bucht von Arcachon, musste seinen Platz weiter landeinwärts verlegen, die Verheerung trat besonders stark in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts auf, wie uns ein Brief vom 4. Januar 1768 des Herrn von Marbotin zeigt, in dem er um gerichtliche Feststellung des Schadens ersucht, den seit mindestens fünf Jahren der Sand verursacht. (Archiv. Dép. Bord. Mss.) Die kleine Stadt La Teste de Buch war nahe daran, dasselbe Schicksal erleiden zu müssen. Schon war der Wald, der sie schützen sollte, vom Sande verschüttet.[3])

Der See von Cazeau hatte durch die Dünen nicht nur seinen Abfluss zum Meere verloren, sondern er war durch sie auch mehr und mehr ins Land gedrängt worden. So hatte er den Ort Cazeau vollständig überschwemmt, und in den sehr trockenen Sommern von 1803 und 1804 konnte man noch einige Ruinen aus dem Wasser herausragen sehen.[4])

Mimizan,[5]) das, wie schon gesagt, früher einen Hafen hatte, erfreute sich einer gewissen Blüte. Alles haben die Dünen vernichtet. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts war es nur ein ge-

[1]) Dutrait p. 66.
[2]) Thore: Promenades etc. Brémontier. Mémoire sur les dunes.
[3]) Bremontiere, Mémoire.
[4]) Thore: Promenades etc.
[5]) Brémontiere, Mémoire etc. Thore: Promenades etc.

ringer Flecken, und die Einwohner waren gezwungen, ihre kleinen Häuser immer weiter und weiter zurückzurücken. Vorzüglich war die Kirche durch eine grosse Düne bedroht, welche schon die rings umstehenden Bäume verschüttet und vor dem Eingange ihre Sandwellen aufgehäuft hatte. Sie wurde durch einen Einwohner des Ortes selbst, Texoires mit Namen, gerettet, der durch Anpflanzung von Ginster die Düne zur Ruhe brachte. Von anderer Seite wird dieses Verdienst Brémontier zugeschrieben, doch hat er nur die angefangene Arbeit Texoires in grösserem Massstabe aufgenommen und vollendet. Mimizan lag an dem Ausflusse des Sees von Aureilhan. Dieser Abzugskanal war früher schiffbar, aber die Dünen hatten ihn ganz versandet. Dadurch wurde auch der See zurückgedrängt. So erreichte er z. B. die Ruinen eines Schlosses, das erst weit von ihm abgelegen war, innerhalb des Zeitraumes von 20 Jahren und trieb seine Wässer bis zur Kirche von Aureilhan selbst vor.[1])

Die Kirche und ein grosser Teil des Dorfes Bias wurden um die Mitte des vorigen Jahrhunderts vom Sande begraben. Thore sah 1810 auf seiner Reise durch die Landes die vertrockneten Gipfel einiger Ulmen aus dem Sande hervorragen.[2])

Saint-Julien hatte sogar 4 *km* zurückweichen müssen, denn die Dünen hatten das alte Julien und den kleinen See von Contis vernichtet, der zwischen dem von Julien und dem von Aureilhan gelegen war. Der Ort Agnès hatte unter dem Andrange der Dünen so zu leiden, dass 1770 die Bewohner um Ermässigung der taille baten da drei Viertel ihres Landes verloren sei. Die Steuer wurde auch von 93 livres auf 13 herabgesetzt. (Archiv. Dép. Bord. C. 2673. Mss.) Die alte Kirche des Ortes Vielle liegt auch unter den Dünen und mit ihr viele Wohnstätten, die sie umgaben.[3])

Doch nicht nur durch dieses unaufhaltsame Hereinbrechen über Wiesen und Äcker, über einzelne Häuser und ganze Ortschaften, wirkten die Dünen so verderblich. Fast ebenso schädlich war es, dass sie den meisten Seen die Abflüsse verlegten und sie, die vom Binnenlande oft sehr reich, z. B. im Frühlinge, gespeist wurden, immer mehr und mehr anschwellen liessen und vor sich her ins Land trieben. Was den Dünen nicht zum Opfer fiel, ward eine Beute des Wassers. Die Abflüsse der Seen von Cazeau, Biscarosse, Parentis und Gasts hatten sie schon alle zugeschüttet. Ihnen blieb nur noch ein gemeinsamer Abfluss in den See von Aureilhan, der mit dem Meere durch den Kanal von Mimizan in Verbindung stand. Diese beiden Rinnen waren aber auch durch die Dünen stark bedroht.[4])

Von dem See von St. Julien, der eine reiche Wassermenge aus dem Innern des Landes erhielt, führte nur der Kanal von Contis ins Meer, der, durch die Dünen eingeengt, ungenügend war. Man

---

[1]) Thore: Promenades etc.
[2]) Thore: Promenades etc.
[3]) Thore: Promenades etc.
[4]) Tassin: Rapport sur les dunes du golfe de Gascogne. an X.

hatte eine neue Abzugsrinne angelegt, um einen direkten Abfluss zu schaffen, aber die Dünen schütteten ihn immer wieder zu.[1])

Ebenso war der Kanal von Huchet, welcher die Wässer des Sees von Léon ins Meer leitete, dem Versanden nahe, trotz der grössten Anstrengung der Bewohner.[2])

Auch eine mehrmalige Verlegung der Mündung des Adour haben die Dünen bewirkt. Im Mittelalter, im 14. oder 15. Jahrhunderte, wurde nach einem heftigen Sturme die Mündung durch eine Sandbank verschlossen, und der Adour gezwungen, etwa 20 *km* hinter den Dünen zu fliessen, die er dann erst bei einem Orte Messanges durchbrach. An dieser Mündung entstand der Hafenort Vieux-Boucau. Man sann nun darauf, den Fluss von Bayonne aus unmittelbar ins Meer zu leiten, und durchstach 1579 die Dünenkette, die sich hier entgegenlegte. Der Adour kam diesem Unternehmen durch eine grosse Überschwemmung selbst zu Hilfe. Nun aber versuchte er zweimal, 1694 und 1727, nach Süden zu abzubiegen. Seitdem man die Dünen festgelegt hat, ist der Grund zum Wechsel diesem ungestümen Gesellen entzogen worden.

Durch diese verheerende Wanderung der Dünen war der ganze Küstenstrich von der Mündung der Gironde bis zu der des Adour in eine Wüste verwandelt worden.

Öde und in gleichmässiger Todesstarre lag sie vor den Augen des Seemanns, der ihr entlang fuhr. Kein Zeichen, an dem er sich orientieren konnte, war zu erblicken, nur blendend weisse Sandwellen in ewig wechselnder Gestalt dehnten sich vor ihm aus. Betrat man die Dünen selbst, so konnte man stundenlang im Sande waten, ohne nur ein menschliches Wesen zu sehen. Hatte man Glück, so stiess man in den Lèdes, so heissen hier die Dünenthäler, vielleicht auf einen Schäfer, der seine halbwilde Herde überwachte, selbst nicht viel zivilisierter als sie. Auch wilden Kühen konnte man begegnen, die zu irgend einer kleinen Gemeinde am Fusse der Dünen gehörten, und die man wie das Wild jagen musste. Hinter den Dünen lagen weit zerstreut kleine Weiler und einzelne Hütten, deren Bewohner vom Fischfang, von der Jagd und vielfach von der Pascherei lebten und sich um die übrige Welt nicht im geringsten kümmerten. So lag dieses Gebiet volkswirtschaftlich völlig nutzlos da, und durch ihr Vorrücken drohten die Dünen, auch noch weitere Strecken ebenso zu verheeren. Deswegen hat man schon früh darauf gesonnen, die Dünen unschädlich zu machen.

Über die Mittel hierzu und die erzielten Erfolge ist das Original nachzulesen.

---

[1]) Tassin: Rapport.
[2]) Tassin: Rapport.

Morphologische und glaziale Studien aus Bosnien, der Herzegowina und Montenegro hat Prof. J. Cvijić veröffentlicht.[1]) Nachdem er das Vorhandensein einer ehemaligen Eiszeit auf der Rila nachgewiesen, stellte sich Verf. die Aufgabe, durch Untersuchung der Gebirge des Dinarischen Systems von Bosnien, der Herzegowina und Montenegro die Verbreitung der alten Gletscher auf der Nordhälfte der Balkan-Halbinsel, sowie die Höhe der eiszeitlichen Firnlinie auf deren Westhälfte festzustellen. Zugleich hat er die morphologischen und tektonischen Verhältnisse des Dinarischen Gebirgssystems untersucht. In seiner Abhandlung erörtert er auch die Plastik des Dinarischen Systems, als deren drei Hauptelemente die folgenden betrachtet werden können:

1. Breite Rücken und Hochplateaus, die aus dem Dinarischen Streichen (NW—SO) in das von Metochia (NO—SW) übergehen. Ihre Oberfläche ist der Karstformen wegen netzartig gestaltet; auch greifen vielfach Karst- und Eiszeitformen ineinander, welche bisher nur wenig beachtete Erscheinung auf die Entstehungszeit der Dinarischen Karstplastik zu schliessen gestattet.

2. Cañonthäler, auf die Piva, Tarra, Narenta (Neretwa) und ihre Zuflüsse beschränkt: typische Cañons, wie sie ausgeprägter auf der Balkan-Halbinsel nicht vorhanden sind; die ungemein intensive Erosion ihrer Flüsse, sowie die Erscheinungen im Hintergrunde der Thäler führen zu Schlüssen über die Erosion des Grundwassers.

3. Die Poljen, grosse, abgeschlossene Becken: eine besondere Form des Dinarischen Systems im Gegensatze zu den übrigen Gebirgssystemen der Halbinsel.

Wegen der Einzelheiten ist auf das Original zu verweisen, nur über die Cañonthäler am Durmitor mögen hier einige nähere Angaben des Verf. folgen:

»An allen Seiten des Durmitor«, sagt der Verf., »nur die südliche ausgenommen, befinden sich geräumige Hochflächen, die aus schwach gestörten Kalkschichten bestehen, und worin Cañons ausgehöhlt sind, die einzigen Thäler dieses Gebietes. Zwischen den Cañons liegen einzelne Hochflächenpartien, echte Platten. Die Hauptcañons sind jene der Tarra und des Zuflusses Sušica und der Piva mit der Rijeka oder Pirni Do. Die Cañons sind von ungeheurer Tiefe. Das Tarrathal ist vom obern Rande bis zum Flussniveau 800—1000 *m* tief, im ganzen Laufe an den Jezera und der Pivska Planina, von Sinjajevina bis zum Zusammenflusse mit der Piva. Der Cañon der letztern ist 600 — 800 *m* tief. Der Sušicacañon ist im obern Teile 800—1000 *m* tief, weiter unten 500—600 *m*; zuletzt das Thal der Rijeka unter dem Pirni Do ist 400—500 *m* tief. Die Cañons der Piva und ihres Zuflusses Rijeka (Pirni Do) besitzen also eine geringere Tiefe als jene der Tarra und Sušica. Ihre Gehänge sind grösstenteils riesige Steilwände, seltener geneigte Ebenen; der obere Cañonrand ist scharf, dazu stets etwas höher als die nächste Umgebung der Hochfläche: er ist thalabwärts wie die Cañonsohle geneigt. Der Rand pflegt gerade und ununterbrochen fortzulaufen, selten ist er von tiefern Runsen durchbrochen.

In allen diesen Cañons fanden sich mächtige, oft zu Nagelfluh verkittete Schotterablagerungen, die in den andern Thälern der Balkan-Halb-

[1]) Abhandlgn. d. k. k. geogr. Gesellschaft in Wien 1900. 2. p. 149 u. ff.

insel (mit Ausnahme jener im Rilagebirge) entweder nicht vorkommen oder eine verschiedenartige Ausbildung zeigen. Oft reicht die Nagelfluh bis zum Spiegel der Flüsse herab, wie in der Piva und Mratinjska Rijeka, andeutend, dass diese heute noch nicht wieder die Tiefe erreicht haben, die sie vor Ablagerung des Schotters besassen. Diese Schotterablagerungen stehen insofern mit der Vergletscherung im Zusammenhange, als sie während der nassen Eiszeit abgelagert sein mussten.

Die typischen Cañons der Tarra, Piva und ihrer Zuflüsse, sowie der mittlern Narenta und der Morača sind alleinstehende Erscheinungen dieser Art auf der Balkan-Halbinsel und die ausgeprägtesten Cañonformen in Europa.

Unter ihnen kann man aber nach Form, hydrographischen Verhältnissen und Entstehung zwei Arten unterscheiden:

1. Die Cañons der Tarra und Piva sind die tiefsten und bergen wasserreiche Flüsse, die ein grosses Gefälle haben. Ihr Quellgebiet ist ein dichtes Netz von Bächen und Flüsschen, und sie sind im obern Laufe ebenso mächtige Flüsse wie an der Mündung. So beginnt die Tarra unter den Komovi mit einem vielverästelten Quellnetz schneller, wasserreicher Flüsse, worunter als ihre Hauptquellarme die Veruša und Opasanica gelten; nach diesen zahlreiche Zuflüsse, so die Drska, Rječina, Pčinja, Svinjača, Plašnica u. a.; von der Sinjajevina bis zum Zusammenflusse mit der Piva hat sie keinen einzigen Zufluss und, von schwachen Quellen an den Gehängen abgesehen, wird sie hauptsächlich von dem Wasser erhalten, das sie im Oberlaufe gesammelt hat. Ähnliche Eigenschaften hat auch die Piva, die im Quellgebiete aus der Bukovica und Tušina, Šavnik und Petnjica, Bijela, Komarnica und Sinjac, meist sehr wasserreichen Flüssen besteht. Weiter fliesst sie durch ein Cañonthal zwischen der Pivska Planina und Pivska Zupa, indem sie rechterseits gar keine permanenten, linkerseits aber nur zwei Zuflüsse hat: die Vrbnica und Mratinjska Rijeka. Diese beiden Zuflüsse ausgenommen, ist auch die Piva bis zur Mündung hauptsächlich auf das Wasser des Oberlaufes angewiesen.

Durch Zusammentreffen mehrerer Umstände haben die Thäler in dieser Partie der Balkan-Halbinsel typische Cañonform erhalten. Ihr grosser Wasserreichtum im Quellgebiete ist eine der Ursachen. Er hängt mit dem Auftreten der Werfener und paläozoischen Schiefern unter dem Kalksteine, weiter mit den grossen Niederschlagsmengen zusammen, durch die sich ihre hohen Wasserscheiden auszeichnen. Während des nassen und kühlen, eiszeitlichen Klimas, das überdies die Verdunstung verhinderte, waren diese Flüsse noch wasserreicher. Die Eiszeit ist die Periode der intensivsten Thalbildung in diesem Gebiete, während welcher die Hauptzüge der Durmitorcañon sich bildeten. Die Cañonflüsse haben ihr Bette so stark vertieft, dann mit Schotter ausgefüllt, dass die spätern Erosionswirkungen noch nicht ausreichen, um ihr Bette in das alte Niveau zu bringen.

Als mächtige Wasserströmungen traten also diese Flüsse in die wasserlosen Karsthochflächen um den Durmitor herum, die aus nahezu horizontalen Kalksteinschichten aufgebaut sind. Sie allein konnten dem intensiven Karstprozesse standhalten. Die übrigen wasserarmen Flüsse sind dem Karstprozesse unterlegen, und ihre Thäler wurden zu blinden Thälern ausgebildet. Die wasserreichen Cañonflüsse vertieften sich senkrecht, und die Gehänge wuchsen darüber cañonartig empor. Die Ursache aber, dass diese Gehänge keine sanftern Neigungen erhielten, liegt in der unbedeutenden Abspülung, wodurch sich die Karstgebiete auszeichnen, dann in dem Mangel an Zuflüssen, deren Mündungen die Cañonform des Hauptthales umgestalten würden. Die Art der Bildung der Cañonthäler lässt sich also folgenderweise zusammenfassen: die von ferne, von den Quellen wasserreicher Flüsse kommenden Cañonflüsse gelangten auf Kalkplateaux, durchsägten diese und vertieften sich; dabei fand Erosion an ihren Gehängen nicht statt.

Das Quellgebirge der Tarra ist gegliederter und wasserreicher als jenes der Piva, ausserdem besitzt die Tarra von der Quelle bis zur Mündung ein grösseres Gefälle. Sowohl die Wassermenge als auch die Ge-

schwindigkeit sind bei der Tarra grösser als bei der Piva, darum ist auch ihr Cañon tiefer; auf solche Weise können also auch die Einzelheiten der Cañonform erklärt werden.

2. Anders sind die Cañons von Sušica und Pirni Do, die sich überdies auch untereinander unterscheiden. Der tiefere Sušicacañon erweitert sich am obern Ende zu einem Kar und ist stufenförmig, im untern Teile aber hat er einen Karstboden mit niedrigen, kaum bemerkbaren Querriegeln. Der seichtere Pirni Do besteht aus einer poljenförmigen Thalmulde und einem Cañonthal darunter; die Abbröckelungen, die im Hintergrunde des Cañonthales stattfinden, beweisen, dass es sich auch nach rückwärts verlängert, wie so manche andern Thäler um die Narenta, Piva und Tarra. Beide Cañons besitzen nur zeitweilig Wasserläufe. Sie sind also trockene, cañonartige Karstthäler.

Ihre Entstehung hat zuerst Tietze erklärt, dessen Ansicht in den Hauptzügen sich auch Hassert anschloss. Nach Tietze waren Sušica und Pirni Do ursprünglich normale Thäler, die jedoch von den Karstvorgängen bewältigt und in blinde Thäler oder überhaupt in solche mit Karsteigenschaften umgewandelt wurden. Solche Fälle kommen auch vor, und durch den erwähnten Vorgang habe ich die Entstehung vieler Karstthäler erklärt, die jedoch andere Eigenschaften als diese auf dem Durmitor besitzen. Aus den plastischen Eigenschaften der Sušica und des Pirni Do ist es klar, dass sie auf solche Weise nicht erklärt werden können; überdies sind beide nicht von einunddemselben Ursprunge.

Dieselben Ursachen, die zur Erklärung der Cañonform der Piva und Tarra dienten, müssen auch zur Erklärung der Cañons von Sušica und Pirni Do herangezogen werden; der Schwerpunkt der Frage liegt jedoch darin, wieso es in diesen Thälern starke Wasserläufe geben konnte, die so lange der Verkarstung das Gleichgewicht zu halten vermochten, da in ihnen jetzt nur schwache, zeitweilige Wasserläufe auftreten? Mit ihrer jetzigen Wassermasse können diese Flüsschen die Cañonthäler nicht ausgearbeitet haben; gegen die Verkarstung können sie jetzt nicht einmal ihr heutiges Bett erhalten. Das Agens, das in frühern Epochen die Cañonthäler hergestellt hat, muss bei Sušica und Pirni Do anders beschaffen gewesen sein.

Ihre Quellen konnten nicht mächtiger, im Gegenteil mag die Wassermasse, die die Sušica und Pirni Do von der Quelle an führt, schwächer gewesen sein, da sich die Flussläufe später vertieft und gewiss neue Quelladern blossgelegt haben. Der Pirni Do konnte nur während des nassen und kühlen Eiszeitklimas grössere Wassermengen besessen haben, während das Quellgebiet der Sušica zur Zeit des Diluviums überdies unter Gletschern lag, die das Škrkakar erfüllten. Die Bildung dieser beiden Cañonthäler steht also im Zusammenhange mit der Vergletscherung dieses Gebietes, insbesondere mit dem nassen, eiszeitlichen Klima. In postglazialen Zeiten wurde ihre Wassermenge schwach, sie minderte sich auf das heutige Mass herab und konnte der Verkarstung nicht das Gleichgewicht halten; danach ist die Verkarstung des Sušicathales neuern Ursprunges.

Das Thal der Rijeka und der Thalkessel Pirni Do sind nicht nur plastisch, sondern auch ihrer Entstehung nach selbständig. Ersteres hat keinen Zusammenhang mit der Verkarstung, es ist ein sehr kurzes (1.5—2 *km* langes) normales Cañonthal. Es entstand aus einem gewöhnlichen Graben am rechten Pivaufer; die Quelle, die hier ihren Anfang nahm, musste parallel mit der Piva ihr Bett vertiefen; durch rückschreitende Erosion, die sich dadurch entwickelte, wurde das Thal nach rückwärts fortgesetzt; jetzt hat es auch die ganz selbständige Karstmulde von Pirni Do angegriffen.«

Die Oberfläche der Landschaft Nyland im südlichen Finnland ist von R. Hult geschildert worden.[1]) Sie setzt sich

[1]) Meddel. Geogr. Fören. Finnland. 4. 1899.

wesentlich aus Bergplatten und Thonthälern zusammen. Jene besitzen einen sehr verwickelten geographischen Bau; sie bestehen aus Granit und aufgerichteten krystallinischen Schiefern. Sie sind mehr oder weniger von einer Grundmoränendecke überlagert, die an der Oberfläche durch die Gletschergewässer und durch spätere Transgressionen gelockert, gerollt und umgelagert worden ist. Der Thon der Thäler überlagert die Moräne und steigt vielfach hoch an den Gehängen der Bergplatten hinauf. Die Ebenen und Thäler sind teilweise von Moorbildungen und von kleinen, stehenden Gewässern bedeckt und münden in das Meer in der Form von Busen und Engen. Das Niveau der Ebenen und Thäler steigt sehr allmählich gegen Norden, etwa 100 *m* auf 50 *km*, und ebenso sanft fällt der Meeresboden gegen Süden ab. Über diese Bodenfläche ragen die Bergplatten sehr gleichmässig 30—50 *m* empor. Scharfe Kämme und Gipfel kommen gar nicht vor. Alles ist oben abgerundet oder plattenförmig. Die Abhänge aber sind oft sehr steil und zeigen nicht allerwärts Spuren der Eiswirkung, auch wenn die Eisbewegung gerade auf sie gerichtet war. Die ganze Gebirgsmasse ist so stark zerklüftet, dass sie als ein Blockhaufen betrachtet werden kann, und die Abhänge folgen in den meisten Fällen den vorherrschenden Kluftrichtungen. Postglaziale Erosions- und Verwitterungserscheinungen sind überaus unbedeutend. Nur auf den Plattendächern und den Hügelkuppen sind die feinern Gletscherschrammen verwischt worden.

Die meisten Thäler sind oben und unten offen und vereinigen sich zu einem Netze, dessen Maschen von den Bergen ausgefüllt sind. Die Thalsohlen sind im Querschnitte beinahe wagerecht und ebenflächig, und die Neigung des Thalweges schliesst meist jede Möglichkeit aus, sie durch Flusserosion erklären zu wollen. Das häufige Vorkommen von kleinen, sanft gewölbten Felsen in den Thälern schliesst auch den Gedanken an eine nachherige Ausfüllung durch Alluvium aus. Gegen Flusserosion spricht auch das sehr häufige Vorkommen von geschlossenen Becken im Felsboden. Besonders auffallend ist der geradlinige Verlauf einer grossen Zahl von Thälern. Dieser Verlauf stimmt nur selten und zufällig mit der Richtung der Eisbewegung überein, immer aber mit den bedeutendern Kluftrichtungen der Berge. Diese Thäler haben die denudierenden Wirkungen der Vereisung überlebt; sie müssen als präglaziale Kluftthäler (Verwerfungsgräben) aufgefasst werden.

Eine andere Art der Thäler zeichnet sich durch ihre unregelmässigen Umrisse und ihre sanft geneigten Felswände aus. Auch sie lassen keine direkte Beziehung zur Eisbewegung erkennen. Ihre welligen, unbestimmten Abhänge sind vom Landeis abgerundet und von Moränenmaterial eingehüllt. Auch sie dürften älter sein als die Eiszeit. Ihre Form scheint durch die ungleiche Widerstandsfähigkeit der Gebirgsarten gegen die präglaziale säkulare Verwitterung bedingt zu sein, so dass sie als alte Verwitterungsthäler erscheinen.

Noch eine dritte Art von Thälern lässt sich unterscheiden. In der Grenzecke der Kirchspiele Esbo, Nurmijärvi und Vichtio begegnen die vom Norden durch Thonebenen fliessenden Flüsschen einem grossen Felsmassiv, das höher ist als ihre Quellgegenden. Sie durchbrechen es, um vereinigt in den Wanda-Fluss zu münden. Ihre Thäler haben den für Erosionsthäler bezeichnenden V-förmigen Querschnitt mit oft so engem Boden, dass der Fluss gleichzeitig beide Abhänge bespült. Und von allen Seiten münden in diese Hauptthäler sehr kleine, steile, in festen Fels eingesenkte Seitenthälchen. Alles trägt das Gepräge einer normalen Flusserosions-Landschaft. Auch diese ist präglazial. Die abnorme Lage der Quellen dieser Flüsse bezeugt, dass man es hier mit v. Richthofen's epigenetischen Erosionsthälern zu thun hat.

Aus alledem scheint hervorzugehen, dass das Relief Nylands wesentlich präglazialen Alters ist und durch Verwerfung, Tiefenzersetzung und Erosion bedingt ist. Nur hat das Landeis die Verwitterungsprodukte zum grössten Teile weggefegt, das Zurückgelassene in Grundmoräne umgewandelt und die Oberfläche der aufragenden Bergpartien nach seinen Gesetzen umgemodelt.[1])

Die Sierra Nevada schilderte Prof. J. Rein.[2]) Dieses Gebirge ist der erhabenste Teil im Zentralmassiv und Rückgrate der Bätischen Cordillere, dem »Sistéma Penibetica« spanischer Geographen, d. h. in jenem Gebirgssysteme, dessen einzelne Ketten meist parallel zur andalusischen Mittelmeerküste von Ostnordost nach Westsüdwest streichen. Die Nord- und Südgrenze dieses ganzen Gebirgslandes ist von der Natur sehr scharf gezogen, jene durch den Lauf des Guadalquivir, diese durch das Gestade des Mittelmeeres. Ebenso bildet gegen Südwest der Golf von Cadix einen natürlichen Abschluss. Um aber eine Ostgrenze zu gewinnen, zieht man am besten den geologischen Charakter in Betracht: denn die Zentralmassive dieses Scheidegebirges zwischen dem Guadalquivir und den mediterranen Küstenflüssen sind aus metamorphen Schiefern aufgebaut, an die sich meist ringsum jüngere Kalkschiefer und mächtige, viel zerrissene und zerklüftete Kalksteingebirge mesozoischen Ursprunges lagern. Die krystallinischen Schiefer enden aber erst mit der Sierra de Cartagena im Cabo de Palos.

Innerhalb des so umgrenzten Gebirgssystems gleichen geologischen Alters bildet die Sierra Nevada den alle andern Glieder weit überragenden Hauptabschnitt. Als natürliche Grenzen hat dieselbe im Süden den Rio de Yator (Oberlauf des Adra) und den Rio Guadalféo von Cadiar bis zum Valle de Lecrin, im Westen das letztere und die Hochebene von Granada (650 *m*), im Norden die Hochebene von Guadix (rund 800 *m*), im Osten den Rio de Fiñana

---

[1]) Mitteilungen d. k. k. geogr. Gesellschaft. Wien 1899. p. 295.
[2]) Abhandlgn. d. k. k. geogr. Gesellschaft in Wien. 1. Heft 2 u. 3.

oder Oberlauf des Almería zwischen Fiñana und Alboloduy. Der Guadalféo als tiefstliegende Grenze befindet sich in der Nähe von Orgiva noch 300 *m* über dem Meere. Bei der vorstehenden Umgrenzung umfasst das Gebiet der Nevada etwa 2750 *qkm* zwischen 35° 50′ und 37° 20′ nördl. Br., sowie 2° 30′ und 3° 58′ westl. L. von Greenwich.

Nach dem gewöhnlichen Volksbegriffe, dem die Bezeichnung »beschneites Gebirge« entspricht, beschränkt man die Nevada jedoch auf die höchsten Teile, den Kamm und seine nächste Nachbarschaft, während man die gegen Süden zum Guadalféo sich senkenden Berglehnen (Lomas) und tiefeinschneidenden Thäler (Barrancos) mit dem Gesamtnamen der Alpujarras zu bezeichnen pflegt. Der spanischen Bezeichnung »Sierra Nevada« entspricht die arabische »Dschebél ut-Teldsch«, wie wir sie bei Albufeda finden; doch scheinen die Mauren das Gebirge gewöhnlich »Dschebél Xolair« oder einfach Xolair genannt zu haben, ein Name, der vom lateinischen Mons Solaris abgeleitet wird. Älter als alle diese Benennungen ist die Bezeichnung »Oropeda«, die Strabo anwendet.

Die Äste, die von dem meist scharf hervortretenden Kamme der Sierra Nevada ausstrahlen, haben gleich den von ihnen begrenzten Querthälern des Gebirges, einen scharf ausgeprägten Charakter. Sie erscheinen in der Regel als langgestreckte, vegetationsarme, einförmige Rücken (Lomas), die sich gegen die Längsthäler der Guadalféo, Genil, Guadix u. s. w. allmählich senken, gegen die Querthäler aber steil abfallen. Die Querthäler sind vorherrschend eng und tief, echte Barrancos, wenn völlig entwickelt. In der Regel ist ihr Anfang ein Gebirgskamm, ein kesselförmiges Becken (Kar oder Circus, spanisch Circo oder Corral), das allmählich in eine Thalschlucht (Klamm oder Cañon) übergeht.

Dem Steilabfalle eines hohen Gipfels im Kamme der Nevada gegen das sich anschliessende kesselförmige Erosionsthal entspricht meist eine Loma auf der entgegengesetzten Seite, die gleich einem mächtigen Strebepfeiler den Kamm hier zu stützen scheint. Gerade die höchsten Gipfel sind über solche sich anschliessende Berglehnen leicht zugänglich, während ihre Besteigung von der steil zum Kar abfallenden Seite recht beschwerlich und unter Umständen auch gefährlich ist.

Die Kare der Sierra Nevada steigen aus flachen Becken gegen den Gebirgskamm im Rücken und die davon ausgehenden Berglehnen auf beiden Seiten mehr und mehr steil an. An Sommertagen rieselt aus den Schneeschrammen dieser bogenförmigen Umwallung durch zahlreiche kleine Rinnsale das Schmelzwasser dem Kesselboden zu. Hier sammelt es sich und bildet einen kleinen, seichten See (Laguna), dessen Umfang und Tiefe natürlich von verschiedenen Faktoren abhängen, aber gleich denen der Gebirgsseen überhaupt allmählich bis zum völligen Verschwinden der Lagune abnehmen. Der Abfluss der Lagune ist ein Bach, der, anfangs von flachen Ufern begleitet,

aber bald in die Klamm- und zuletzt auf seinem Gebirgswege in die Barrancoform übergeht. Um die flachen Ufer der zahlreichen Lagunen des andalusischen Schneegebirges, zu beiden Seiten seiner grossen Wasserscheide, in mehr als 2500 *m* Höhe finden wir Rasenplätze, deren Breite mit dem Zurückweichen des Wasserstandes zunimmt, und die von den Eingeborenen Borreguiles, d. h. Lämmerweiden oder Yéguares, d. h. Stutenweiden, genannt werden.

Bekanntlich wird die Entstehung der beckenförmigen Thalanfänge (Kare) in verschiedenen Hochgebirgen von den einen als eine Wirkung des Gletschereises, von den andern als Wirkung der Verwitterung und des fliessenden Wassers erklärt. Prof. Rein schliesst sich bezüglich der Sierra Nevada der letztern Ansicht an; Gletscherspuren hat man hier noch nicht gefunden.

Je nach der Richtung und dem sonstigen Charakter lassen sich folgende drei Abschnitte in der Sierra Nevada unterscheiden:

1. Die südwestliche Teilstrecke, welche am Picacho de la Veleta beginnt und mit der Loma de Lanjaron endet. Der Kamm hat hier im wesentlichen denselben Charakter wie im zentralen Teile. Er hält sich fast durchweg über 3000 *m* Höhe, ist vielfach ein scharfer Felsgrat, der hoch und steil zu den umliegenden Karen abfällt und anderseits mächtige Lomas aussendet. Vom Picacho bis zum Tajos Altos ist er gegen Westsüdwest, von da zum Cerro del Caballo gegen Südwest gerichtet. Als kulminierenden Gipfel trägt er den Tajo de la Virgen (3270 *m*). Der höchste Pass, welcher zugleich die kürzeste Verbindung von Granada nach den westlichen Dörfern der Alpujarras bildet, ist der Collado de Veleta oder Puerto de Capileira (3195 *m*).

2. Das Zentralmassiv der Sierra Nevada umgürtet in mächtigem Bogen das Quellgebiet des Genil auf der Süd- und Ostseite, das dem Beschauer vom erhabenen Gipfel des Mulhaçén als ein riesiges Kesselthal erscheint, indem es durch die Loma del Calvario im Nordosten und die Loma de San Juan nach Westen weiter begrenzt wird und sich nur nach Nordwest im Barranco del Genil öffnet. Der steile Gebirgskamm (spanisch La Cuerda) umfasst die drei höchsten Gipfel des ganzen Gebirgssystems: den Mulhaçén (3481 *m*) die Veleta (3401 *m*) und die Alcazaba (3386 *m*), welche nach ihrer gegenseitigen Lage die Figur einer arabischen Sieben mit dem Mulhaçén im Scheitel bilden. Dieser Teil des Gebirgskammes übersteigt allenthalben 3000 *m* Höhe.

3. Ostwärts von dem mächtigen Zentralmassive bildet der Kamm unseres Gebirges nur noch eine leicht gebogene Wellenlinie mit abgerundeten Gipfeln und plateauartig ausgedehnten Sätteln. Die Höhe bleibt fast überall unter 2500 *m*. Dieser Höhenunterschied gegenüber den vorerwähnten Strecken, sowie der Umstand, dass dieser östliche Teil der Nevada den Niederschlag bringenden Südwestwinden ferner gerückt ist, bewirken, dass die ihnen zu Teil werdende Niederschlagsmenge viel geringer ist. Hier verschwindet

der Schnee im Sommer vollständig; viele Quellen versiegen alsdann, und die meisten Bäche werden wasserarm, ja nicht wenige haben im Hochsommer trockene Betten. Dem spärlichern Schnee- und Regenfalle auf diesen Hochflächen entspricht auch ihr Steppencharakter. Der weitaus höchste Gipfel in diesem östlichen, selten besuchten und noch keineswegs genügend erforschten Teile der Nevada ist der trigonometrisch gemessene Chullo (2609 *m*). Im Chullo tritt die Sierra Nevada aus der Provinz Granada nach Almería über, wo sie mit dem Montenegro am Rio de Almería zwischen Fiñana und Alboloduy endet.

Der geotektonische Aufbau des Transvaalgebietes und seiner Umgebung ist auf Grund eigener dreijähriger Reisen und Untersuchungen von Dr. A. Schenck geschildert worden.[1])

»Man hat,« sagt Dr. Schenck, »Südafrika mit einem umgekippten Teller oder einer Schüssel verglichen, und dieser Vergleich ist nicht ganz unpassend, wenn wir nur berücksichtigen, dass diese Schüssel im Norden nicht selbständig begrenzt ist, sondern wieder mit einer andern Schüssel, die durch das Kongo-Becken repräsentiert wird, und dann wieder mit einer dritten, der des Tschadsee-Beckens, verwächst. Wir haben im Innern Südafrikas eine zentrale Einsenkung, die des Kalahari-Beckens vor uns, welches in seinem südlichen Teile nach dem Oranje hin entwässert wird (soweit man überhaupt bei den meist wasserlosen Flüssen von einer Entwässerung sprechen kann), in seinem nördlichen, dem Okavango- und Makarikari-Becken, dagegen abflusslos ist. Die Kalahari empfängt verhältnismässig wenig Regen, da diese meist schon in den umliegenden Gebirgsländern niederfallen; sie ist deshalb ein wasserarmes Gebiet, das aber doch nicht in Form einer Wüste, sondern hauptsächlich in derjenigen der Dornbuschsteppe uns entgegentritt. Der Boden ist sandig; vielfach finden sich auch junge kalkige Ablagerungen, die auf früher vorhandene, jetzt aber ausgetrocknete Seen hinweisen; im Norden treffen wir am Okavango noch ausgedehnte sumpfige Gebiete an, die aber auch ihrer Austrocknung entgegengehen. Die Wasserarmut des Landes bedingt es, dass dieses zur Ansiedelung wenig geeignet erscheint; es wird daher die Kalahari hauptsächlich durchstreift von einigen auf niederer Kulturstufe stehenden Buschmännern und Betschuanen-Stämmen, welche von der Jagd oder von den Früchten und Wurzeln, die das Land ihnen bietet, ein kümmerliches Dasein fristen.

Umgeben wird die Kalahari von etwas höhern Gebirgsländern, welche sich in beträchtlicher Breite zwischen sie und die Küste einschieben, dem Rande des Tellers entsprechend. Diese Gebirgsländer besitzen keineswegs überall den gleichen Charakter. Nur in einigen Gegenden haben wir es mit wirklichen Gebirgen zu thun, in andern treten an ihre Stelle Tafelländer mit weiten ebenen Flächen, welche von einzelnen isolierten Tafelbergen überragt sind, oder auch Hochebenen, die von Gebirgszügen umrahmt werden. Gegen die Küste hin nehmen die Gebirgsländer an Höhe ab. Aber auch dieses geschieht nicht überall in der gleichen Weise, bald sanft und unmerklich, bald stufen- oder terrassenförmig, bald in gewaltigen mauerartigen Abstürzen. Zuweilen auch schieben sich langgestreckte Gebirgszüge mit schroffen Gipfeln zwischen die Küste und die innern Hochländer ein. Dieser verschiedenartige Charakter bedingt es, dass die einzelnen Länder nicht alle in gleichem Masse zugänglich von der Küste her sind; manche sind leichter zu erreichen, manche aber auch erst nach einem beschwerlichen Anstiege, aber überall sind schliesslich beträchtliche Höhen-

[1]) Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1900. No. 1, p. 60 ff.

differenzen zu überwinden, ehe man die Hochebenen, Plateaus und Gebirgsländer betritt, welche die Kalahari umgeben. Ein eigentliches Küstenvorland fehlt in Südafrika oder ist erst im Osten in der Umgebung der Delagoa-Bai vorhanden. Ebenso giebt es keine schiffbaren Ströme, welche den Verkehr von der Küste nach dem Innern vermitteln könnten, und erst die Anlage von Eisenbahnen hat dazu beigetragen, die geringe Zugänglichkeit mancher Länder Südafrikas zu mildern und einen regern Verkehr im Austausche der Landeserzeugnisse herbeizuführen.

Im Westen wird das Kalahari-Becken begrenzt durch das Gebirgsland von Damara- und Gross Nama-Land. Gneis und Granit bilden die Grundlage dieses Gebirgslandes. Sie treten uns entweder in Form langgestreckter Gebirgszüge oder mächtiger Gebirgsmassen entgegen, zwischen denen sich steinigsandige Hochebenen ausdehnen, oder sie sind bedeckt von horizontal gelagerten Sandsteinen, Schiefern und Kalksteinen, welche den Tafelland-Charakter hervorrufen. In Damara-Land herrschen Gneis- und Granitgebirge, in Gross Nama-Land Tafellandschaften vor. Entsprechend dem durch eine kalte Meeresströmung und aufsteigendes Tiefenwasser an der Küste bedingten trockenen Klima erscheinen uns die Küstenstriche Deutsch-Südwestafrikas als öde Wüsten, während im Innern Grasssteppen mit Buschsteppen abwechseln, und nur in den Thälern eine Baumvegetation sich entfalten kann.

Südlich vom Oranje setzt sich das Gebirgsland von Damara- und Gross Nama-Land fort und umfasst noch das durch seine Kupferminen wertvolle Klein Nama-Land, welches denselben Charakter besitzt wie die Landschaften Deutsch-Südwestafrikas. Dann folgen in der südwestlichen und südlichen Kap-Kolonie die bogenförmig verlaufenden Gebirgssysteme der Bokkeveld- und Zwarteberge, welche durch breite Längsthäler in einzelne Gebirgszüge zerlegt und durch schluchtartige Querthäler zugänglich gemacht werden. Während in den Bokkeveldbergen die den Granit und die alten, steil aufgerichteten Schiefer überlagernden Sandsteine und Thonschiefer der sogenannten Kap-Formation nur schwach gefaltet sind, zeigen sie in den Zwartebergen und den diesen vorgelagerten Outeniquabergen sehr bedeutende Faltungserscheinungen und sind nach Norden überkippt. Wenn wir von dem Atlas absehen, so stellen die Zwarteberge auf afrikanischem Boden das einzige Gebirge dar, dessen Faltungen noch bis in die Zeit der Karbon- oder Steinkohlenperiode, ja vielleicht in noch jüngere Zeiten hineinreichen. Mit ihren östlichen, niedrigern Ausläufern, den Zuurbergen, streichen die Zwarteberge zwischen Port Elizabeth und East London an der Küste aus. Entsprechend den vorherrschenden harten quarzitischen Sandsteinen sind die Bergformen in den Bokkeveld- und Zwartebergen eigenartig schroff und phantastisch, in den erstern bei weniger gestörter Lagerung mauer- und kastellartig, in den letztern infolge der steilen Aufrichtung zackig, in zahlreichen Pyramiden und Nadeln sich auflösend, deren Einzelformen sich leichter einprägen würden, wenn sie sich nicht mit geringen Abänderungen in der langen Kette ständig wiederholten. Die dem Ozean zugewandten Gehänge jener Gebirgszüge empfangen reichliche Niederschläge, und es konnten sich in den breiten Längsthälern und in dem niedern Vorlande nach der Küste hin wegen des fruchtbaren Bodens eine grössere Zahl aufblühender Ortschaften entwickeln.

Zwischen die Zwarteberge im Süden und die Kalahari im Norden schiebt sich ein ausgedehntes Tafelland ein, das wir als das Karroo-Tafelland bezeichnen wollen, weil es sich aufbaut aus den Sandsteinen, Thonschiefern und in mächtigen Decken ausgebreiteten Eruptivgesteinen (Diabasen, Melaphyren u. s. w.) der sogenannten Karroo-Formation. Dieses Karroo-Tafelland umfasst nicht nur die eigentliche Karroo, d. h. die steinigen Ebenen, welche sich zwischen den Zwartebergen und Nieuweveldbergen ausdehnten, sondern auch noch die ganze östliche und nördliche Kap-Kolonie, West Griqua-Land, soweit es östlich vom Vaal gelegen ist, den ganzen Oranje-Freistaat, ja auch noch einen Teil des südlichen Transvaal,

Basuto-Land, Kaffraria, Natal und Sulu-Land, es erreicht die Küste auf der ganzen Strecke von East London bis etwa zur St. Lucia-Bai, da hier die Umrahmung durch Randgebirge nach Art der Bokkeveld- und Zwarteberge fehlt. Den besten Einblick in den Aufbau des Karroo-Tafellandes gewinnen wir in Natal, wenn wir von der Hafenstadt Durban entlang der Eisenbahn über Pietermaritzburg, Estcourt und Ladysmith bis zur Höhe der Drakensberge emporsteigen. Die Küstenlandschaften Natals besitzen noch tropischen Charakter, hier gedeihen noch Palmen, und die nicht sehr hohen Berge sind mit dichtem Buschwalde bedeckt, soweit sie nicht in Kultur genommen und mit Zuckerrohr bepflanzt worden sind. Dann aber steigen wir ziemlich steil empor zur ersten Terrasse, auf welcher Pietermaritzburg liegt, und finden hier ein ganz verändertes Aussehen, auch in der Vegetation. Die tropischen Formen sind verschwunden, und anstatt des Buschwaldes erblicken wir weite Grasflächen, die ein vorzügliches Weideland darbieten. Über eine Reihe weiterer Terrassen gelangen wir hinauf auf die Höhe des Van Reenens-Passes in den Drakensbergen (etwa 1650 *m*). Wir sehen also, dass der Aufbau Natals ein terrassenförmiger ist. Die einzelnen Stufen sind aber nun keineswegs ebene Flächen, es sind ihnen einerseits wieder Einzelberge, meist von tafelartiger Gestalt, aufgesetzt, und anderseits schneiden die Flüsse mehr oder weniger tief, manchmal in cañonartigen Schluchten in die Terrassen ein. Es wechseln also in Natal verhältnismässig ebene Strecken ab mit solchen, die durchaus gebirgigen Charakter besitzen.«

Die Erklärung dieser Verhältnisse ergiebt ein Blick auf die geologische Beschaffenheit des Landes. »Über dem Granit und den alten, steil aufgerichteten Schiefern folgt, die Terrasse von Pietermaritzburg bildend, der horizontal gelagerte Tafelberg-Sandstein der Kap-Formation und dann aufwärts bis zu den Drakensbergen die Karroo-Formation in ihren verschiedenen Abteilungen, von der untersten bis zu obersten. Dieselbe Karroo-Formation aber treffen wir in bedeutend niederem Niveau wieder in dem schmalen Küstenstreifen an. Es hat also hier in der Nähe der Küste, wahrscheinlich in der Jurazeit eine gewaltige Absenkung stattgefunden, durch welche grosse Teile des Landes bis unter das Niveau des heutigen Meeresspiegels versanken. Daher kommt es, dass wir trotz der horizontalen Lagerung die ganze Schichtenfolge vom Granit bis zu den Diabas- und Melaphyrdecken der Karroo-Formation entblösst sehen. Aber wir haben noch zu erklären, woher der treppenartige Aufbau kommt. Das horizontale Schichtensystem, welches uns in Natal entgentritt, setzt sich zusammen aus verschieden harten Gesteinen, aus weichern Thonschiefern, etwas härtern Sandsteinen und dann aus den noch weniger leicht zerstörbaren, bereits erwähnten basischen Ergussgesteinen. Gerade die letztern sind es besonders, welche zur Bildung von Terrassen und, was damit in Zusammenhang steht, von Wasserfällen Veranlassung geben, weil sie eben der Abtragung durch Wasser und Wind stärkern Widerstand entgegensetzen, wie die weichern thonigen Gesteine. So stürzt der prächtige, etwa 150 *m* hohe Umgenifall bei Howick nordwestlich von Pietermaritzburg über eine mächtige Diabasmasse herab.

Dem steilen Absturze der Drakensberge gegen Osten entspricht kein solcher nach Westen. Befinden wir uns auf der Höhe des Plateaus, so blicken wir über weite, einförmige, grasbedeckte Ebenen, über denen sich hier und dort festungsartig vereinzelte Tafelberge oder auch spitzere Berge, sogenannte Spitzkopjes — es sind dies Tafelberge, deren Decke bis auf einen kleinen Rest zerstört worden ist — erheben. Einförmig ist der Charakter des ganzen Oranje-Freistaates, dessen mittlere Höhe etwa 1400 *m* beträgt, also die des Brockens noch übersteigt. Überall dieselben Ebenen mit den aufgesetzten Einzelbergen; nirgends treten uns geschlossene Gebirgszüge entgegen. Mit Ausnahme der beiden Grenzflüsse, des Oranje und Vaal, besitzt der Oranje-Freistaat auch keine grössern Flüsse.

Die Drakensberge bilden eine klimatische Scheide. sie wirken kondensierend auf die vom Ozean her kommenden, infolge der an der Ostküste Afrikas hinziehenden warmen Meeresströmung mit Feuchtigkeit beladenen Winde. Natal empfängt daher reichliche Niederschläge, und es entwickelt sich hier ein ganzes System von Küstenflüssen, die natürlich wegen ihres kurzen Laufes und des erheblichen Gefälles für die Schiffahrt nicht zu benutzen sind. Viel geringer sind die Niederschlagsmengen im Oranje-Freistaat, doch hat Bloemfontein im Mittel immerhin noch 569 *mm*, Ladybrand an der Grenze gegen das gebirgige Basuto-Land hin sogar noch 734 *mm* jährlicher Regenmenge. Die Luft ist deshalb im allgemeinen trocken im Oranje-Freistaat, und gerade dieser Trockenheit in Verbindung mit der bedeutenden Höhenlage verdankt das Land jenes gesunde Klima, in welchem Lungenleidende sich sehr rasch erholen. Die Trockenheit bewirkt aber anderseits, dass ohne künstliche Bewässerung Ackerbau sich nur in beschränktem Masse betreiben lässt, und dass der Oranje-Freistaat in wirtschaftlicher Beziehung daher wesentlich auf die Viehzucht angewiesen ist. Wie die Einzelberge, so liegen auch die Farmhäuser der Buren zerstreut über das ganze Land, und die meist nicht sehr grossen Ortschaften dienen hauptsächlich nur als Stapelplätze für den Handel.

Ähnlich wie in Natal ist der Anstieg des Karroo-Tafellandes in Kaffraria und der östlichen Kap-Kolonie. Terrassenförmig steigen wir empor bis zu der Höhe der Drakensberge und ihrer Fortsetzung in der Kap-Kolonie, den Stormbergen, von denen die erstern im Basuto-Land anschwellen zu einer gewaltigen Plateaumasse, welche von den tief einschneidenden Thälern des Oranje- und des Cornetflusses in drei Teile zerlegt wird und an der Grenze gegen Natal hin eine geschlossene Mauer mit Erhebungen bis über 3000 *m* bildet. Anders liegen die Verhältnisse in der südlichen Kap-Kolonie, wo das Karroo-Tafelland nicht bis an die Küste heranreicht, sondern von den Gebirgszügen der Zwarteberge begrenzt wird. Hier fehlt daher der terrassenförmige Aufbau; es folgen nördlich von den Zwartebergen die Ebenen der Grossen Karroo und dann die Plateaumassen der Nieuweveld- und Schneeberge, welche wieder mit den Stormbergen und Drakensbergen in Verbindung stehen. Wegen der vorgelagerten Zwarteberge und Bokkeveldberge erhält die Grosse Karroo nur geringe Niederschläge, und da auch der Boden meist steinig ist, und nur hier und da zwischen den Steinen Anhäufungen lockerer Massen vorhanden sind, so sind die Ebenen hauptsächlich bedeckt mit kleinern Büschen, welche zum Teil ein vortreffliches Futter für das Vieh, namentlich für Schafe und Angoraziegen liefern. Viehzucht ist daher auch die Haupterwerbsquelle der die Grosse Karroo bewohnenden Farmer.

Nördlich von den Nieuweveld- und Schneebergen breiten sich die weiten, in höherem Niveau als die Grosse Karroo gelegenen Grasssteppen der nördlichen Kap-Kolonie aus, welche mit ihren aufgesetzten Einzelbergen einen ganz ähnlichen Charakter besitzen wie diejenigen des Oranje-Freistaats.

Wir verlassen nunmehr das Karroo-Tafelland und wenden uns der östlichen Begrenzung des Kalahari-Beckens zu, welche gebildet wird durch die Gebirgsländer von Transvaal und Matabele-Land. Die Südafrikanische oder Transvaal-Republik, welche im Süden bis an den Vaal und im Norden bis an den Limpopo heranreicht, zeigt in ihren Bodenformen eine weniger einfache Gestaltung, wie die Schwester-Republick südlich des Vaalflusses. Wenn wir von der Delagoabai der Eisenbahn nach Pretoria folgen, so schreiten wir zunächst auf portugiesischem Gebiete über die niedrige, aus jugendlichen Meeresablagerungen aufgebaute Küstenebene hinweg und gelangen dann an das Lebombogebirge, welches die Grenze gegen Transvaal bildet. Dieses Lebombogebirge ist ein niederer, nur 200 bis 300 *m* hoher, aus porphyrischen Gesteinen gebildeter Höhenzug, welcher vom 24. bis 28.° südl. Br. in fast ganz gerader, und zwar meridionaler Richtung verläuft. Offenbar haben wir es mit einer alten Spalte der Erdrinde zu

thun. Östlich von dieser Spalte ist das ganze Land zur Tiefe gesunken, wie weiter südlich an der Küste Natals, im Westen aber blieb das Land stehen. Die Wunde, welche durch die Spalte in der Erde hervorgerufen war, vernarbte dadurch, dass vulkanisches Material in Form porphyrischer Laven auf ihr emporquoll und an der Erdoberfläche erstarrte.

Westlich vom Lebombogebirge treten wir in ein Gebirgsland ein, welches bald aus Granit sich aufbaut, bald aus alten, steil aufgerichteten Schiefern und Quarziten. Diese bilden, dem Streichen der Schichten entsprechend, westöstlich verlaufende Gebirgszüge und bergen auf den De Kaap-Goldfeldern die goldführenden Quarzgänge. Der Granit ist meist bis in grosse Tiefen hinein vollständig verwittert, und in die verwitterten Massen hat das Wasser tiefe Erosionsfurchen eingeschnitten. Da die Granite infolge ihrer Verwitterung der Abtragung auch weniger Widerstand entgegengesetzt haben wir die harten Quarzite der Schieferformation, werden sie von den Gebirgszügen der letztern bedeutend überragt. So steigen wir denn hier nicht wie in Natal auf Terrassen, sondern durch enge Thäler, welche getrennt werden durch hochaufstrebende Berge, empor bis an den Absturz der Drakensberge, der auch hier durch eine ziemlich gerade Linie angedeutet wird. Die Drakensberge Transvaals, welche in der Mauchspitze ihre höchste Erhebung erreichen, sind indessen nicht eigentlich als die Fortsetzung derjenigen Natals anzusehen, da sie im Gegensatze zu diesen wesentlich aus ältern Sandsteinen, Schiefern und Kalksteinen (der Kap-Formation) sich aufbauen, welche unter etwa 30° gegen Westen einfallen. Der Tafellandcharakter tritt immer noch hervor, wenn auch weniger ausgeprägt als in Natal und im Oranje-Freistaat.

Die Eisenbahn hat erhebliche Höhenunterschiede zu überwinden, ehe sie die Höhe der Drakensberge erreicht. Dann aber geht es durch verhältnismässig ebenes Gelände weiter bis Pretoria. Die Hauptstadt Transvaals bildet zugleich den natürlichen Mittelpunkt desselben. Denn sie liegt inmitten einer Reihe westöstlich verlaufender Gebirgszüge, welche sich fast durch das ganze Land erstrecken und dieses in einen südlichen, höher gelegenen Teil, das sogenannte Hooge Veld oder Hochfeld (mittlere Höhe etwa 1500 *m*) und in einen nördlichen, niedern, das Bosch Veld oder Buschfeld (800 bis 1000 *m*) zerlegen. Die Schichten der Kap-Formation, welche jene Gebirgszüge zusammensetzen, bilden ein flaches Gewölbe, das in der Mitte aufgesprengt ist, so dass hier der granitische Gewölbekern zum Vorscheine kommt. Es sind sowohl härtere, quarzitische Sandsteine wie auch weichere Thonschiefer und blauschwarze Kalksteine, welche zu beiden Seiten auf den Granit folgen. Erstere treten uns in Form langgestreckter Rücken entgegen, deren Steilabfall im Norden des Granitgebietes nach Süden, im Süden nach Norden gerichtet ist. Der nördlichste Quarzitzug ist der der Magalisberge, der südlichste der des berühmten Witwatersrand. Getrennt werden die Quarzitzüge durch breite Längsthäler, welche durch das Auftreten der weichern und daher leichter zerstörbaren Thonschiefer bedingt sind. Aber die grössern Flüsse, wie z. B. der Krokodil-Rivier (Limpopo) und der Aapjes-Rivier, benutzten nicht diese, sondern durchbrachen in engen Schluchten die Quarzitbrücken.

Der Witwatersrand besitzt nach Süden zu nur eine geringe Abdachung und geht hier über in die Grasssteppen des Hochfeldes, welche im Osten mit den Drakensbergen, im Süden mit den Hochflächen des Oranje-Freistaats und im Westen mit denen des Betschuanal-Landes in Verbindung stehen. In dem westlichen Teile des Hochfeldes kommt bei mehr horizontaler Lagerung der Gesteine der Tafelland-Charakter mehr zum Ausdrucke, ebenso wie im Südosten, wo das Karroo-Tafelland noch bis in das Gebiet der Südafrikanischen Republik hineinreicht. In der Mitte dagegen, südlich von Pretoria und Johannesburg, schliesst sich an die grosse Antiklinale Magalisberge—Witwatersrand nach Süden zu eine flache Mulde an, ausgefüllt durch Sandsteine, mit denen die wertvollen goldführenden Konglomerate wechsellagern, Diabasmandelsteine und dolomitische Kalksteine.

Entsprechend der geneigten Schichtenstellung besitzen daher die Berge und Gebirgszüge, welche hier die Ebenen des Hochfeldes überragen, nicht tafelartige Gestalt, sondern diejenige rundlicher Kuppen und langer Rücken mit ungleichseitigem Abfalle. In klimatischer Beziehung verhält sich das Hochfeld ähnlich wie die Ebenen des Oranje-Freistaats; die bedeutende Höhenlage bringt es mit sich, dass die Temperatur im Winter nicht selten unter den Gefrierpunkt sinkt, und dass das Hochfeld zur Kultur tropischer Gewächse nicht geeignet erscheint. Anders liegen die Verhältnisse, wenn wir die Magalisberge überschreiten und nach Norden wandern. Wir treten bald ein in das niedriger gelegene Buschfeld. Weite Ebenen mit Buschsteppenvegetation (vorzugsweise dornigen Akaziensträuchern und Bäumen) liegen vor uns. Der Boden ist meist sandig, die Unterlage bildet Granit, an einigen Orten auch Sandstein. Die Flüsse werden begleitet von humusreichem Alluvialboden, welcher die Mais- und Kaffernkornpflanzungen der das Buschfeld bewohnenden Kaffernstämme trägt. Infolge der niedrigern Lage ist es im Buschfelde während des Winters wärmer als auf dem Hochfelde, und da zugleich der Winter, d. h. die Monate Mai bis Oktober, in ganz Transvaal die trockene Jahreszeit repräsentiert, das Buschfeld aber eine grössere Zahl von Flüssen besitzt als das Hochfeld, welches unter der Trockenheit am meisten leidet, so ziehen es viele auf dem Hochfelde wohnende Buren vor, den Winter mit ihrer Familie und mit ihren Herden am Olifants-, Aapjes- oder Krokodilrivier zu verbringen, wo sie dann in Zelten wohnen. Im Norden Transvaals werden die Ebenen des Buschfeldes noch einmal durch die Tafellandschaften der Waterberge und Zoutpansberge unterbrochen, und dann senkt sich das Gelände wieder bis zu den sumpfigen Niederungen des Limpopothales. Die Vegetation des nördlichen Transvaal besitzt bereits, ebenso wie diejenige in den Thälern östlich der Drakensberge und im portugiesischen Küstenvorlande, einen tropischen Charakter, und schon im Distrikte Rustenburg am Nordabhange der Magalisberge wird Kaffee gepflanzt. Dafür sind die niedern Teile des Buschfeldes, namentlich in der Nähe der grössern Flüsse, in gesundheitlicher Beziehung weniger günstig gestellt, als das Hochfeld. Fieberepidemien kommen während des Sommers in verschiedenen Gegenden des Buschfeldes vor, besonders im Distrikte Zoutpansberg und am Limpopo.

Der Limpopo bildet die Nordgrenze der Südafrikanischen Republik. Von hier bis zum Sambesi breiten sich die von den Matabele, Maschona und Makalakka bewohnten Länder aus, die man seit ihrer Besitzergreifung durch die Britisch-Südafrikanische Gesellschaft mit dem Namen Rhodesia belegt hat. Auch diese Länder besitzen einen steilen Abfall gegen Osten, gegen das portugiesische Küstenvorland hin; sie sind also hier gebirgig, während sie im Westen in die mehr ebenen Landschaften des Betschuana-Landes und der Kalahari übergehen. Seine höchsten Erhebungen erreicht das Gebirgsland von Rhodesia in den Matoppobergen, welche gleichzeitig die Wasserscheide zwischen Limpopo und Sambesi bilden. Granit und alte, metamorphische Schiefer sind es hauptsächlich, welche das Gebirgsland zusammensetzen, und in den letztern treten die goldführenden Quarzgänge auf. Da der Gegensatz zwischen einer jährlichen Trockenzeit und Regenzeit ziemlich scharf zum Ausdrucke gelangt, so trägt die Pflanzenwelt des Landes den Charakter der tropischen Steppenvegetation; nur an dem östlichen Steilabfalle des Gebirgslandes und in den Thälern der grössern Flüsse sind die Bedingungen für die Entwickelung einer Waldvegetation gegeben.«

Die westpatagonische Fjordküste schilderte auf Grund eigener Beobachtungen (während wiederholter Expeditionen im Auftrage der chilenischen Regierung) Dr. Hans Steffen.[1]) »Sie erstreckt sich von

[1]) Verhandlungen d. Gesellschaft f. Erdkunde zu Berlin 1900. p. 204 ff.

$41^1/_2{}^0$ südl. Br. durch 13 Meridiangrade südwärts und wird in dieser ganzen Ausdehnung von den urwaldbedeckten Steilabfällen der Kordillere begleitet, deren Zerstückelung durch eindringende Meeresarme in von Nord nach Süd zunehmendem Grade zu beobachten ist. In dem nördlichsten Abschnitte, zwischen $41^1/_2{}^0$ und 44^0 lässt sich in der Insel Chiloé und in den Meerbusen von Reloncaví, Ancud und Corcovado eine geologisch begründete Fortsetzung der entsprechenden Hauptformen im Relief des mittlern Chile, der Küsten-Kordillere und des zentralen Längsthales bemerken. Weiter nach Süden zu wird der Verlauf dieser beiden Zonen weniger deutlich. Die Fortsetzung der innern Meeresarme verengt sich zu kluftförmigen Kanälen, die sich zwischen hohen Felseninseln von andinem Charakter gabeln. Schon im Guaitecas- und mehr noch im Chonos-Archipel verschwinden die niedrigen langgestreckten Höhenzüge der in Chiloé weitverbreiteten tertiären Cancagua-Formation, sowie die riasähnlichen Meerbusen, deren flacher Strand die zahlreichen Städtchen und Dörfer an der Ostküste der grossen Insel trägt. Glimmerschiefer und krystallinische Massengesteine bilden die steilen Waldberge der südlichen Inselgruppen, in denen sich kaum irgendwo eine zur Siedlung geeignete Strecke flachen Landes vorfindet. Südlich von Melinka, dem Stapelplatze des von den Chiloten im Innern des Archipels und an der Festlandküste geschlagenen Ciprés-Holzes, findet sich bis zum Ultima Esperanza-Fjord in $51^1/_2{}^0$ südl. Br. keine dauernd bewohnte Stätte mehr.

Gehen wir weiter nach Süden, so treffen wir in 46^0 30′ südl. Br. einen $22^1/_2$ *km* breiten Streifen niedrigen, aus Gletscherschutt gebildeten Landes, der die Fortsetzung der innern Kanäle unterbricht und die von vielfach noch unerforschten Meeresarmen zerschnittene Halbinsel Taitao an den Kontinent angliedert. Hier ist ein ergiebiges Feld für Gletscherforschung, und es wäre dringend zu wünschen, dass dieses verhältnismässig leicht zugängliche Gebiet einmal von einem Fachmann eingehender untersucht würde.

Die Gletscher, die, wie an allen Fjordküsten der Erde, eine Hauptrolle in der morphologischen Gestaltung und Entwickelungsgeschichte des westpatagonischen Litorals spielen, erreichen in dem augenblicklichen Stande ihrer Ausdehnung das Meeresniveau in 46^0 26′ südl. Br., wo ein Eisstrom aus den Firnfeldern des Monte San Valentin kaskadenförmig in eine kleine Bucht des Seno de Elefantes hinabsteigt. Fast genau zwei Breitengrade weiter nördlich wird im nordöstlichen Hintergrunde des Poyehuapi-Kanals ein in mehrere Arme zerteilter Gletscher sichtbar, dessen eine Zunge augenblicklich in 50 *m* Höhe und in ganz kurzer Entfernung vom Meere endigt. Auch am nördlichen Ende des Estero Pillan, eines Seitenarmes des Palena-Fjords, in 43^0 40′ südl. Br., reicht ein grosser Gletscher bis in die Nähe des Meeresspiegels hinab. Südlich vom 48. Parallel, in den östlichen Abzweigungen der Kanäle Messier und Smyth, besonders aber in den Kanälen Eyre und Peel, geschieht

es häufig, dass Gletscher sich vorgebirgsartig in das Meer hinausschieben und mit den abbrechenden Eisbergen die innersten Winkel der Fjorde ausfüllen. Allein schon viel weiter nördlich, in dem vorerwähnten Seno de Elefantes (46° 30′ südl. Br.), sieht man Eisberge umhersegeln, die aus dem benachbarten San Rafael-See durch dessen Abfluss, den Rio Témpanos, ins Meer hinaus, zum Teil aber durch den eindringenden Flutstrom wieder in den See zurückbefördert werden. Der See selbst ist bis über ein Drittel seiner Fläche von dem fächerförmig gestalteten untern Ende des San Rafael-Gletschers eingenommen, der einen von den zahlreichen aus dem Inlandeisgürtel der küstennahen Kordillere entstammenden Eisströme darstellt.

Dass die patagonische Fjordküste Veränderungen im Sinne einer negativen Niveauverschiebung erfahren hat, ist zuerst durch Darwin nachgewiesen worden. Doch können die von ihm beobachteten Muschelbänke, welche in Chiloé und im Chonos-Archipel an zahlreichen Stellen in verschiedener Höhe über dem gegenwärtigen Flutniveau, aber meist in kurzer Entfernung von der Strandlinie zu finden sind, nicht ohne weiteres als Beweis für die Hebung der Küste gelten. Viele von diesen Ablagerungen sind, wie schon Fonck und Simpson bemerkt haben, keine Meeresabsätze, sondern von Menschenhand angehäuft, und bezeichnen die Stätten alter Siedlungen der sich vorzugsweise von Muscheln nährenden einheimischen Inselbevölkerung. Freilich hat Steffens an den Uferrändern gewisser Teile der Ostküste von Chiloé, auf der Insel Quehue, sowie im Chonos-Archipel gegenüber dem Eingange des Aisen-Fjords, meilenlang ununterbrochen fortlaufende Muschelbänke gesehen, die weit über die höchste Flutmarke hinausreichen und zum Teil unter einer Humusschicht verborgen sind. Eine eingehende Untersuchung der Ablagerungen, die eine der auffälligsten und verbreitetsten Erscheinungen auf den Inseln der Westküste bilden, dürfte den Nachweis liefern, dass die Erklärung derselben als eine Art südamerikanischer »Kjökenmöddinger« nicht ausreicht. Im Gegensatze zu einzelnen Anzeichen lokaler Senkungen kleinerer Küstengebiete würde der Nachweis, dass die Muschelbänke auf der Strandebene während einer frühern Lage der Küstenlinie aufgehäuft worden, mit ähnlichen Beobachtungen übereinstimmen, die man an der gegenüberliegenden Festlandküste machen kann. Am Strande der Boca de Reloncaví, in der Nähe des Rio Puelo, liegen zahlreiche Blöcke vulkanischen Konglomerats zerstreut, die alle, selbst die am meisten landeinwärts und weit ausserhalb des Bereiches der Flut befindlichen, mit Resten von noch jetzt im benachbarten Meere lebenden Muschelarten imprägniert sind. Ähnliches hat Hauthal aus dem Ultima Esperanza-Fjord berichtet; sonst liegen bisher wenige sichere Angaben über Merkzeichen negativer Strandverschiebung vor. Vielleicht werden sich bei genauerer Durchforschung der Fjorde auch alte Strandterrassen erkennen lassen, wie diejenigen, welche im Umkreise des Hafens von Corral, an der Mündung des Valdivia-

Flusses auftreten. Über lokale Veränderungen im Bereiche der Küstenzone lässt sich durch Umfrage bei den Bewohnern der Gestade von Chiloé manches erfahren. Juliet, der Begleiter des bekannten chilenischen Hydrographen Vidal Gormaz, hörte von den Bewohnern der Insel Huar im Reloncaví-Golf, dass gewisse Landstrecken, die früher bebaut wurden, jetzt im Bereiche der höchsten Fluten liegen, und dasselbe versicherten mir die Chiloten in Queilen, einem Städtchen an der Ostküste der Insel. In den Fjorden des Penas-Golfes konnten wir durch Lotungen feststellen, dass seit den Zeiten der Beagle-Expedition, auf deren Lotungen die meisten Tiefenangaben der Seekarte beruhen, vielfach Versandungen vor den Mündungen der Flüsse stattgefunden haben. Eine im Kelly-Fjord gelegene Felsinsel ist durch Vorwachsen des Mündungsdeltas eines Gletscherflusses der Südküste nahezu landfest geworden.«

Die Puna de Atacama, die wüste Hochfläche der Atacama, ist von L. Darapsky wiederholt besucht worden. Er giebt eine zum Teil auf eigenen Beobachtungen beruhende kartographische Darstellung und nähere Schilderung derselben.[1]) Das Wort Puna ist ein Khetschua-Wort und bedeutet im allgemeinen eine wüste Hochfläche. »Eine solche zieht sich von der Nordspitze des Titicaca-Beckens durch das westliche Bolivia bis in die argentinischen Provinzen Catamarca, Rioja und San Juan. Charakteristisch ist für sie die Abflusslosigkeit und damit die Bildung zahlreicher Wannen, nach denen ihr Umfang sich ungefähr festlegen und einteilen lässt. Oft schon ist die Analogie mit dem Great Basin in Nordamerika bemerkt worden. Wie dieses zwischen dem 42. und 35. Breitengrad vom Knicke der Kalifornischen Küste in Kap Mendocino und der Abspaltung der Wahsatch-Ranges vom Felsengebirge her zusammengedrängt sich zuspitzt und dabei an Erhebung verliert, so geht auch die Altiplanicie de Bolivia südwärts schmäler zusammen und wird niedriger. Der tiefste Punkt ist hier das Salar de Atacama mit 2400 *m*. Wie aber Geologie und Klima auch jenseits des Colorado-Flusses und der Wahsatch-Berge zahlreiche abgeschlossene Bodenbildungen bedingen, wie die Rocky Mountains bei Santa Fé mit einem Male aufhören, und gleichwohl darüber hinaus im Llano Estacado sowohl als im Bolsón de Mapimi ähnliche Verhältnisse sich wiederholen, so ist auch im Süden des Kontinentes die Region der Salare nicht in scharfem Striche von den Quellgebieten ozeanischer Flüsse zu scheiden. Viele der letztern verdienen ihren Namen ohnehin nur periodisch. Welches Stück von der ganzen Puna als Puna de Atacama abgegliedert werden soll, hängt lediglich von dem Zwecke ab, der dabei vorliegt. Wenn aber Höhenlage und Abflusslosigkeit entscheiden, so ist kein Grund einzusehen, den Westabhang der hohen Vulkanreihe Licancaur-Llullaiyaco auszuschliessen, der

[1]) Zeitschrift d. Gesellschaft f. Erdkunde in Berlin 34. p. 281.

erst südlich vom Volcán de Copiapó (oder Azufre) in der Laguna del Negro Francisco auf chilenischer Seite seinen natürlichen Abschluss findet.«

Neben den Salzsümpfen (salares) und Salzseen (lagunas) finden sich in der Atacama zahlreiche Trockenmulden. »Oft entsprechen sie altem, lange verlassenem Seeboden, öfter treten sie für solchen ein, wo der Untergrund die Bildung von Wasseransammlungen nicht zuliess, oder ersetzen rosenkranzförmig und in Stufen einander folgend das unentwickelte Flusssystem. Während die Seeflächen fortwährend sich verkleinern, und die Erosionsfurchen sich vertiefen, bilden jene Lagunas secas das bleibende Endresultat der bei ihrer Schaffung thätigen Kräfte: in reinster Form also einen scharf abgesetzten Kreis, der nur langsam auf Kosten der umliegenden Höhen sich verbreitert, stets aber den nämlichen Charakter einer wasserlosen, weil durchlässigen Geröllfläche beibehält. Da hier die Schneewasser weit regelmässiger zusitzen als in gemässigten Breiten, auch Tag und Nacht sich fast wie Sommer und Winter verhalten, kann das rieselnde Element, indem es sich selbst fortgesetzt den Weg verlegt, alles Gelände regelrecht einebnen, fast ohne sich bemerklich zu machen. Wo seine Menge sich mehrt, wie im S und N, innerhalb und ausserhalb des Gebirges, tritt an die Stelle geschlossener Abtragung ein Zerreissen durch Sturzwasser. So ist der Fuss der Doña Ines, welche in ihrem »Herzen« (corazón), einem Gewirr von Schluchten, zuweilen gewaltige Schneemassen anhäuft und periodisch entlässt, nach dem Agua Helada zu tief gefurcht, während der Bach der Ola an seiner Versiegungsstelle, etwa 8 *km* und 131 *m* oberhalb des Salar de Pedernales flach wie ein Eimer, den man über den Fussboden schüttet, sich auszugiessen scheint. Täglich, ja stündlich ändert er seinen mäandrischen Lauf, rückt die feinern Gesteinstrümmer, ohne sie zu rollen, und lässt die gröbern, soweit sie nicht im aufgelockerten Grunde untersinken, erst durch Insolation zerspringen, ehe er sie mit tausend Armen sacht anfasst und sie drehend weiter schiebt. Bläst dann der Wind den nur in geringer Menge gebildeten Staub und Schlamm heraus, der in den Winkeln des Gebirges schliesslich liegen bleibt oder am Luvrand der Senke mit Salzteilchen zu mächtigen Dünen verfilzt, so bleiben schön abgezirkelte Becken übrig, die Verf. Rieselmulden nennen möchte, gleichgültig ob sie auf offenem Plane meilenlang die jetzigen Seen fortsetzen oder als Kar-Wannen kaum hektargross die Vertiefungen der Lavaströme erfüllen oder im eingebrochenen Auswurfkrater selbst sich einnisten und dann bis zu 30° geneigt abfallen, wie in den isolierten Kuppen zwischen den Salares de Pajonales, del Plato und Amarillo. Stets sind sie nahezu eben, von gleichförmiger Bedeckung und gleichsinniger Abdachung. Der Name geht darum nur auf die Ausgestaltungsart und nicht auf den Ursprung der Vertiefung.

Menschliche Ansiedelungen giebt es in jener Einöde zwischen den Bergstädtchen Cachinal de la Sierra und Aguada de Cachinal

im W und dem einsamen Antofagasta de la Sierra im O nicht. Höchstens üben einige Vicuñajäger an den Wasserplätzen ihren Beruf, oder Eingeborene vom Stamme der Atacameños erproben die immer wieder unzulänglich sich erweisenden Weidegründe am Fusse des Llullaiyaco, und abenteuerliches Halbblut fristet eine nomadenhaft ärmliche Existenz in der Eucantada, Ola, Potrero Grande. Darum haben auch die Berge selten Namen, und die Rast- und Zufluchtsplätze wechseln sie mit ihren Gästen.«

»Während ältere Darstellungen das Hochgebirge mit Scharen von Ketten erfüllen, vermindert sich deren Zahl und Länge meist bei näherem Zusehen. Besonders Philippi suchte damit in Atacama aufzuräumen, indem er an ihre Stelle Ebenen mit Einzelerhebungen setzte. Diese Ebenen zeigen dann wieder Ungleichheiten, welche in einer Atmosphäre, deren Klarheit alle Ferneunterschiede aufhebt, unversehens zu Landrücken anschwellen. Die Natur jener Hochgebirgswelt wird deshalb ebensowenig durch Quer- und Längsketten (nach Moussy und Pissis) als durch über offene Ebenen zerstreute Einzelberge (nach Burmeister und Philippi) erschöpft. Der Sockel selbst erweitert sich ins Riesenhafte, die Zahl der unterscheidbaren Kuppen nimmt ab mit ihrer Böschung; vom Passkamm aus sucht das Auge vergebens die tagelang verfolgten Grate und Spitzen, welche nun zu unförmlichen Leisten verfliessen. Schroffe Hänge bilden die an Masse verschwindende Ausnahme und gehören ausschliesslich rezenten Lavaklippen zu. Aber diese Rücken messen 4500—5000 *m*, die Senken 3500—4000 *m*. Sonst spielt das Wasser den Ausgleicher der Höhenunterschiede; hier wirkt sein Mangel über den wahren Verhalt täuschend. Aber der örtliche Sprachgebrauch wählt unbedenklich Cerro und Punta für den einen und Quebrada für den andern der ihm geläufigen Gegensätze. Von wirklichen Ebenen ist Verf. nur ein einziges Beispiel bekannt: die Meseta de los Colorados; und auch sie ist nur der breite Rand der Mulde zwischen Potrero Grande und Tambería und schwillt nach Süden und Osten deutlich an.«

Der Grundriss der westlichen Cordillera ist wellig mit grossen, gegen das Meer geöffneten Kerben, die Pässe liegen in Höhe von 3363—4241 *m*. Die hohe Cordillera im Innern zeigt keine Bergreihen, sondern es handelt sich hier um ein Massiv von beiläufig 70 *km* Länge und bis 25 *km* Breite, zwischen 24° 45′ und 25° 26′ südl. Br. »Mit Recht hat Bertrand auf die Notwendigkeit verwiesen, statt »Systeme« zu ersinnen und »Verkettungen« (encadenamiento) nachzuspüren, die Andes zunächst hypsometrisch festzulegen, und selbst den Versuch einer solchen Darstellung, soweit das vorhandene Material es erlaubt, gewagt. Der Volcán Lastarria nimmt nicht einmal die Kante der Hochfläche ein, welche Seen und Mulden bis 4600 *m* hinaufträgt, neben einem Gewirr stumpfer oder schiefer Gipfel, die sich zu fliehen scheinen. Was von vorn ein Zinken oder Grat schien, wächst von der Seite gesehen zu einer regelrechten

Festung aus, die zu oberst eine horizontale Lavaschicht mit unübersteiglicher Brüstung krönt. Nur der Osten schneidet in geschlossener Mauer ab, wenigstens von der schon vom Sandón-Pass aus sichtbar werdenden Zinne des Cerro Cabezón an über die basteiartig verteilten buntscheckigen Schwefelfirsten bis zum dunkelbraunen Cerro de la Estrella. Der Südostteil ist Verf. unbekannt. Über und östlich von der Laguna Amarilla aber schliesst der Kranz wieder zu einem einfachen Bergstreifen zusammen, der im Bogen immer landeinwärts ausladend gegenüber Aguas Calientes de los Morros (3708 *m*) verschiedene schroffe Hörner trägt, um mit dem abgestutzten Doppelvulkan los Morros zu erlöschen.«

Die Passhöhen liegen zwischen 4110—4664 *m* und sinken ostwärts gegen die grossen Salares hin bis auf 3628 *m*. »Eine besondere Einheit stellt das Vulkanmassiv von Antofalla dar, das an Erhebung dem Llullaiyaco wenig nachgiebt, an Masse ihn weit überholt. Sein breiter Kamm mit einwärts gebogenen Zacken ist etwa in 310° orientiert und im N und S ohne Fortsetzung. Nur im NO scheint er sich durch verschiedene Löcher der dreizipfligen Sierra de Antofallita zu nähern, von der ihn die Quebrada de Antofalla trennt. Dem Volcán de Antofalla vorgelagert, aber selbständig entwickelt sind auf der Abendseite die Cerros de Chibarca, de los Patos, de Cajeros und der zweispitzige Botijuelas. Oberhalb der rotbraunen und grauen Tuffe, die den Lavarand umfassen, kommen in 4119 *m* Höhe einem weissen Bimssteinkegel eingestreut regellose Gangtrümmer von Quarz und plattenartigem Obsidian mit Kieselkupfer, Kupferkies, Bleiglanz, Fahlerz, Chlorsilber vor. Der Antofalla steht im Winkel zweier grosser Spalten, deren eine das über 120 *km* lange (auch Rio Salado) Salar de Antofalla (3307 *m*) bildet, die andere über die Lagunas de los Patos (4085 *m*), Cajeros (3802 *m*), Potrero Grande (3570 *m*) und Breas (3519 *m*) im 68. Längengrade jene unter 55° trifft. Jenseits der Salare Antofalla und Arizaro ordnen sich die Gebirge wieder in voller Regelmässigkeit in lange nordsüdlich ziehende Rücken mit steil aufgerichteten Schichten, die in Inselgruppen auch das Salar de Acarzoque (3970 *m*) durchsetzen. Vereinzelt stehen darunter eruptive Erhebungen wie los Mojones. So leicht es scheint, diese Züge in lange Ketten aufzureihen, so misslich dürfte diese Aufgabe im einzelnen sein, wenn sie sich nicht auf ein geologisches Studium stützt, wie Brackebusch mit so vielem Rechte bemerkt.«

Die Salare findet Darapsky kleiner, als sie bisher offiziell angegeben werden, sie sind flach und schlammig. »Nur bedarf es der Vorsicht, die Löcher zu vermeiden, welche im trügerischen Boden oft tief hinunterführen. Dieselbe Schicht thoniger Sulfate, welche hier den wahren Untergrund verbirgt, überkleidet wohl auch das ganze Becken, so dass erst nach ihrem Wegräumen die Salzlake zugänglich wird. So in der Laguna Amarga, wo sie eine Chlorcalciumlösung von 1.20 spezifischem Gewichte darstellt und dem

Verschmachtenden, der hastig danach greift, verhängnisvoll werden muss, wie die ringsum verstreuten Skelette lehren. Am Ufer derselben Lagune sickern gleichwohl süsse Wasser, die den Rand wohl auch mit einem grünen Bande von Konferven und Insektenlarven schmücken. Es ist in solcher Lage immer eine besondere Kunst, das richtige Wasser zum Abkochen zu finden.

Sinkt das Niveau noch tiefer, so zerbricht und zerstäubt allmählich die ganze, weisse Kruste und lässt nur einen Schweif glänzender Selenitkrystalle zurück. So in der Laguna Amarilla, deren Überzug jetzt eine schwankende Masse von Alaun bildet.

Mächtige Thermen von 42° Wärme sprudeln auch an dem roten Bergkopfe, an den die Laguna de Aguas Calientes de los Morros heute den Rest einer Existenz knüpft, die früher in die Länge allein das Fünffache betragen haben muss.

Thermal sind auch die Wasser in Brea; im Binsengebüsche, der Winterresidenz von Don Pepe Salvatierra, ferner Parrinas mit 19.3°, Rio Grande mit 21.8—22.2° und andere, die erst bei näherer Prüfung ihre wahre Natur verraten. Im besondern ist der Llullaiyaco von einem Kranze heisser Quellen umgeben. Ausser dem Ojo del Llullaiyaco (wärmste obere Quelle 23.6°, thalab noch mehrere) zählen auch die Ojos de Zorritas (4186 *m*) mit 19.2° und Zorras (4066 *m*) mit 17.3° dahin.

Ebenso brodelt unfern des Salars de Challacarhua am Südfusse des Cerro Rosado ein Strahl von schlechtem Geschmacke.

Das merkwürdigste Schauspiel aber bieten die beiden Kegel von Botijuelas, an einer Ausbuchtung und 145 *m* (Schutzhütte) über dem Salar de Antofalla gelegen, der höhere aus Sinter aufgebaut, dessen nun verstopfte Öffnung kaum noch 10 *m* hinunterführt, während vom Scheitel des jüngern ockrige Ströme von 34.8° fast senkrecht in die Tiefe stürzen. Rings um beide flechten einige oberflächliche kalte, aber fast ebenso widerlich schale Wasser einen Teppich von Röbricht und Riedgras.«

Dass das Salz der Salare ein Auslaugeprodukt der Gebirge (Breccien, Tuffe, Schuttmassen) darstellt und sich nur darum im jeweilig Tiefsten anhäuft, weil es im Kreislaufe des Wassers stets wieder als Kruste, Klippe oder Düne dahin zurückgeführt wird, ist nach allen Untersuchungen in ähnlichen Fällen fraglos. Häufig kann man verfolgen, wie rinnendes Wasser sich Schritt für Schritt mit Salz belädt. So macht sich im Nordarme des Chaco, der im Ojo reinstes Quellwasser führt, 8 *km* weiter saures Gras breit; auf die doppelte Strecke findet man nur noch unbrauchbare Salzlake. Vereinzelt entstammt das beste Wasser thonigen Einlagen mitten zwischen salinischen Sedimenten; so bei Agua Verde oder Cachiyuyal. Der Rio Juncalito ist, trotzdem er einige schlechte Zuflüsse (Agua Negra) erhält, noch von der Angostura an sehr trinkbar; der Rio de la Ola, in welchen jener übersickert, schmeckt fade, aber erst der Laguna de Pedernales entströmt der Rio de la Sal. Auch sind

die tiefen Wasser der Salpeterwüste süss oder höchstens leicht brakisch, nie salzig, ebenso in Gruben. Noch verständlicher wird diese Konzentration, wenn man erwägt, dass alle Salare in frühern Perioden grössere Ausdehnung besassen und dann vermutlich echte Lagunen gebildet haben. Dass das Salar de la Punta Negra über Imilac mit dem von Atacama einmal ein Ganzes ausmachte, hat Philippi angedeutet. Für andere Mulden ist der Zusammenhang noch durchsichtiger, wenn die einzelnen Pfannen übereinander aufgehangen sind, wie in der langen Flucht, die NO vom Cerro Incahuasi gegen Antofagosta hinzieht, oder in den Salaren Ratones (3746 *m*) und Minas, N von demselben Cerro Incahuasi, welche letztere zum Salar de Antofalla einzubeziehen sind. Nicht immer liegt bei Nachbarmulden die grösste zu tiefst, so dass sie als Mutterbecken gelten könnte. Abschnürung kleiner Sölle ist die Regel nicht minder bei den in flacher Hohlebene, wie Parrinas, als in schroff einfallender Kluft gelegenen, wie Isla. Die kleine Laguna de Colorados, welche die Vegas del León Muerto aufnimmt, und die namenlose nördlich davon, stehen durch einen langen Einschnitt miteinander in Verbindung.

Mit beredter Zunge erzählen von ihrer Vergangenheit die grauroten und weissen Sinterklippen, welche den Rand der Vegas im Potrero Grande bis 650 *m* über dem heutigen Wasserspiegel einfassen, die breiten Thorflügel aufgebrochener Sulfate, hinter denen das Agua Escondida de Cori[1]) eine duftende Oase hervorzaubert, und höher hinauf die Gips- und Thonbänder, die in wechselnden Abständen bis 3790 *m* hinaufreichen, in anderer Form aber in der Vega de Ratones (3855 *m*) wiederkehren, ferner die klafterlangen weissen Schollen von Parrinas, welche ostwärts diese Lagune fortsetzen und in Form von weichem Grus, worin die Hufe fusstief einsinken, bis zur Passscheide der el Salín genannten Salzlöcher (4355 *m*) reichen, die Kalkstreifen, welche westwärts etwa 250 *m* hoch in die Schlucht sich einzwängen, die zum Salar del Cerro Negro führt, bis die allmächtigen Laven über Tuffe und Breccien die Oberhand gewinnen. Jedenfalls war dort überall der See mit seinen Salzen. Ob es sich um stetigen Rückgang handelt, oder Perioden der Schwankung anzunehmen sind, oder ob starke Verschiebungen und Stauungen vorliegen, das zu entscheiden, fehlt es zur Zeit an genügendem Anhalte. Die eine Beobachtung aber, dass solche Bänke nur auf der Ostseite von Antofalla und Potrero Grande erhalten sind und horizontal streichen bei östlichem Einfallen, während auf der andern Thalseite bei Botijuelas bis Quiñoa die Tuffe mit ihren dunklen Leisten westwärts untertauchen, lässt wenigstens darauf schliessen, dass das Salar eine Bruchlinie begleitet, die sich vielleicht nach Pocitas und Rincón fortsetzt. Bei andern Salaren ist ein solches gegensätzliches Verhalten von O und W nicht immer erkennbar.«

---

[1]) Cori oder Ricarica = Lippia trifida Gay.

Die Vergletscherung jener Gegenden war früher gewiss stärker, auch muss die Erosion am Westrande der Cordillera ehedem bedeutender gewesen sein. »Als blosser Vermutung über das Alter und die Ursache eines Klimawechsels sei des Umstandes gedacht, dass an der Ostseite der grossen Salare, wie Arizaro und Pajonales hohe Dünenzüge sich auftürmen, trotzdem dass der heute herrschende Wind bei diesen und andern Lagunen ausschliesslich die SO-Ecke mit weissem Salzstaube überzieht. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist aber der in den Höhen regelmässig wehende Nordwest, der in den Passthoren zum Westwinde wird, der hier abgefangene, abgekühlte Gegenpassat der südlichen Hemisphäre. Die Küste kennt nur lokal erregte Luftbewegung, d. h. Berg- und Thal-, Land- und Seewinde. Im Gebirge erst zieht die Ausstrahlung im Sommer den Nordwest hernieder, im Winter aber wechseln Kalmen mit Wirbelstürmen.«

Die Depression von Luk-tschin in Zentralasien, welche 1890 durch die Brüder Grum-Grschimailo entdeckt wurde, hat 1893 bis 1895 eine meteorologische Station erhalten, aus deren Beobachtungen in Vergleich mit Barnaul und Irkutsk v. Tillo die Seehöhe derselben abgeleitet hat. Die aus drei Serien von Vergleichungen der barometrischen Beobachtungs-Resultate an den genannten Stationen gewonnenen Ergebnisse ergaben für die Station Luk-tschin, etwa 4.5 *km* östlich von der Stadt Luk-tschin gelegen, eine Höhe von — 17 *m* mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm$ 15 *m*. Ein sehr sorgfältiges Nivellement der ganzen Depression ergab, dass die tiefsten Punkte derselben 95—112 *m* unter dem Niveau der Station liegen, und danach wären die Höhenzahlen für dieselben — 112 *m* bei Bojantetura, und etwa — 130 *m* bei Taschtura.

Über Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morphologie Ostasiens verbreitete sich F. v. Richthofen.[1]) Bereits vor längerer Zeit hat derselbe darauf hingewiesen, dass 1. der mauerartige meridional gerichtete Ostabfall des Gebirgslandes, aus dessen engen Felsschluchten der bis dahin an Stromschnellen reiche Yangtszĕ-kiang bei I-tschang-fu hervorbricht, um seinen ruhigen Unterlauf anzutreten; 2. das schroffe Ende, welches die nach OzS gerichteten mächtigen Züge des Kwenlun nach ungebrochenem Verlaufe durch beinahe 40 Längengrade zwischen den Meridianen 113 und 114 östlich von Greenwich erreichen; 3. der langgezogene geradlinige Ostabfall des Tafellandes von Schansi gegen die Grosse Ebene des nordöstlichen China; und 4. der ähnlich gestaltete, aber in schwach nach Ost konvexem Bogen verlaufende Khingan, welcher den Abfall des aufgebogenen Randes der mongolischen Hochflächen gegen die tiefer gelegene Mandschurei darstellt, sich in einer von SSW nach NNO gerichteten Linie aneinanderreihen und als Teile eines einzigen Bruch-

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuss. Akademie zu Berlin 1900. 40. p. 888.

zuges aufzufassen sein dürften.[1]) Er hat damals die unter 2. und 3. genannten Teilstrecken ausführlicher behandelt.[2]) Die Darstellung des Abfalls bei I-tschang-fu wurde noch nicht gegeben, und für eine eingehendere Erörterung des Khingan fehlte es gänzlich an Material. Auch gestattete der Stand der Kenntnisse nicht, die Linie weiter über die oben angegebenen Grenzen hinaus nach Süden oder Norden zu verfolgen.

Verf. erörtert jetzt die Morphologie und Tektonik einzelner Teile der Bruchreihe auf Grund der Kombination seiner eigenen Beobachtungen mit andern seither zur Kenntnis gekommenen Thatsachen und versucht einerseits die Erscheinung in den früher behandelten Teilstrecken schärfer zu fassen, anderseits ihre Ausdehnung über die damals von ihm vermutungsweise angenommenen Grenzen hinaus zu untersuchen. »Sind auch die minder bekannten Strecken noch recht beträchtlich, so gestattet doch der Stand der Kenntnisse jetzt hinreichend sichere Interpolation, um die Schlussfolgerung zu begründen, dass das östliche Asien vom Südrande von Yünnan bis zur Tschuktschen-Halbinsel, also in einer Erstreckung von 44 Breitengraden, von zusammenhängenden, durch Richtung, Form und gleichsinnige Tektonik homöomorphen bogenförmigen Abfällen von Landstaffeln, welche sich zu einer einzigen, mehrfach gebrochenen Linie aneinanderschliessen, durchzogen wird. Die morphologische Gleichsinnigkeit besteht darin, dass überall der östliche, gegen den Pazifischen Ozean gerichtete Erdrindenteil tiefer steht als der westliche, die tektonische darin, dass er in allen Fällen gegen diesen abgesunken ist. Die Bedeutung der Einzelbrüche wird bei einigen von ihnen durch das Vorhandensein gleichsinniger Parallelbrüche erhöht.« — Wegen der Einzelheiten muss auf das Original verwiesen werden.

Bezüglich des Alters der tektonischen Bewegungen sagt v. Richthofen: Die Bestimmung des Alters der Bruchbildungen begegnet einer Schwierigkeit, welche die geologische Chronologie im festländischen Ostasien allgemein beeinflusst; sie beruht in dem Fehlen mariner Ablagerungen von jüngerem als triassischem Alter. Meist schliessen die Meeressedimente mit Carbon ab. Einigen Anhalt geben dann noch die Süsswasserabsätze der Juraperiode. Suess hat in seiner geistvollen, grosse Ergebnisse kurz zusammenfassenden Abhandlung über die Asymmetrie der nördlichen Halbkugel[3]) gezeigt, dass der Plan der eurasiatischen Falten, soweit er auf asiatischem Boden liegt, bereits in vorcambrischer Zeit vorgebildet war, seine Ausgestaltung aber bis in die jüngere Tertiärzeit heraufreicht. Dies gilt für die grosse Anlage der faltenden Bewegungen, ist aber auf die Bruchbildungen nicht unmittelbar an-

---

[1]) China 2. Berlin 1882. p. 519. 520. 775 und z. Tl. Taf. VI.
[2]) Ebenda p. 396—520 und 400—437. 456—463.
[3]) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. Math.-nat. Kl. 107. p. 94. April 1898.

zuwenden. Und doch können wir von den Brüchen der äquatorialen Komponente dasselbe sagen. Für das Rostgebirge von Nord-Tschili und Nord-Schansi hat Verf. schon früher zu beweisen gesucht, dass die erste Anlage in voralgonkische Zeit fällt, da das Cambrium zum Teil auf abgeschliffenen Faltungen von Wutai-Schichten, zum Teil auf ältern Gneisen lagert und in nahe benachbarten Gebieten mit Sedimenten verschiedener Unterstufen beginnt. Unsicher sind Störungen, welche zwischen Cambrium und Carbon fallen, sicherer solche, welche dem letztern in der Zeit folgen. Die Erhaltung einer eingeklemmten, stark nordwärts geneigten Scholle mächtiger kohlenreicher Juraschichten im Westen von Peking giebt den Beweis, dass nach ihrer Ablagerung abermals Störungen eingetreten sind; aber die Zeit, wann sie stattfanden, ist ganz unsicher. Nach den Eruptivgesteinen zu urteilen, welche aus postcambrischen Graniten, postjurassischen Porphyren und jungvulkanischen Gesteinen bestehen, sind Verbindungen der Oberfläche mit Tiefenregionen in verschiedenen Perioden, bis in sehr jugendliche Zeit, erfolgt.

Da Obrutschew in den daurischen Gebirgen ganz ähnliche Verhältnisse traf, erscheint der Schluss gerechtfertigt, dass nördlich vom Tsin-ling-schan die Störungen im Sinne des sinischen Streichens, deren Richtungslinie in dem Gefüge des Grundbaues vorgezeichnet war, seit präcambrischen Zeiten entlang gewisser Zonen stattgefunden haben. Anders ist es mit den Meridionalbrüchen, welche für die heutige Konfiguration von Ostasien das wichtigere Moment sind. Sie durchschneiden, wie Verf. darzulegen suchte, in gleicher Weise ungebrochenes Tafelland, sinisch gebrochenes Rostgebirge, den gewaltigen Gebirgsstamm des Kwenlun und die Faltenzüge des Ta-pa-schan. Die fertige Gestaltung des letztern kann, wie vom Verf. an anderem Orte gezeigt werden soll, nicht früher als zu Beginn der Triaszeit angesetzt werden. Diese erscheint daher als die früheste Epoche, die man für die Meridionalbrüche annehmen kann. Der Beginn ihrer Anlage kann aber auch kaum später stattgefunden haben, wenn die Vermutung, dass die Sandsteine, welche den niedergebrochenen Teil bedecken, von mesozoischem Alter sind, richtig ist. Es ist jedoch noch ein anderes Argument in Betracht zu ziehen. Mehrfach wurde der Bedeutung gedacht, welche die Landstaffeln für die Ströme haben. Wenn die jetzige Erosionsbasis an den meridionalen Bruchrändern einen Bestand auch nur durch die Dauer der Tertiärperiode gehabt hätte, so würden die Ströme des Monsun-Landes ihre Betten rückwärts stärker vertieft haben, als es ihnen thatsächlich gelungen ist; die leicht zerstörbaren Schichtmassen, welche das Rote Becken von Sz'tschwan verhüllen, würden beispielsweise nahezu vollständig entfernt worden sein. Da dies nicht geschehen ist, so darf geschlossen werden, dass an den südlichen Meridionalbrüchen der Absenkungsbetrag sein gegenwärtiges Mass erst in später Zeit erreicht hat, und es fehlt nicht an Thatsachen, welche darauf hindeuten, dass die Absenkung, wenigstens auf chinesischem Gebiete, an den Ostseiten der Landstaffel noch heute fortdauert.

Wir werden somit, schliesst Verf., zu der Annahme geführt: »1. dass die Bildung der äquatorial streichenden Absenkungen in ältesten Zeiten begonnen hat und, in der Region nördlich des Tsin-ling-schan, auf der Auslösung von Spannungen beruht, welche durch ein südwärts gerichtetes Zurückweichen der Erdrindenteile veranlasst wurden; sowie ferner, dass die Kompensation dieser Erdkrustenbewegung sich in der Stauung des Tsin-ling-schan vollzog. Wir müssen es dahingestellt sein lassen, ob später, nach Abschluss dieser Stauung, bei der Fortdauer der Wirkung südwärts zerrender Kräfte, und als die Zonen intensiver Stauung und faltiger Überschiebung allmählich südwärts nach der Peripherie des Kontinents verlegt wurden, die Masse des genannten Gebirges selbst passiv mitbewegt wurde. Unsicher ist der Zusammenhang des letztern mit den südlich von ihm auftretenden äquatorialen Absenkungen, welche wahrscheinlich in Alter und Art von den nördlichen verschieden sind.

2. dass die Bildung des einem grössten Kreise folgenden transkontinentalen Bruches, welcher in einzelne, meridional gerichtete und durch Vermittelung älterer äquatorialer Strecken bogenförmig aneinander gekettete Stücke zerlegt ist, erst nach dem Carbon, wahrscheinlich erst nach der Trias, begann und auf einem gegen den Pazifischen Ozean hin strebenden Zurückweichen des maritimen östlichen Randgebietes des asiatischen Kontinents beruht.«

3. Boden- und Erdtemperatur.

Temperaturmessungen im Quecksilberbergwerke von Idria.[1]) Th. Scheimpflug und M. Holler haben aus Veranlassung der v. Sterneck'schen Schweremessungen im Bergwerke zu Idria daselbst genaue Messungen von Temperaturen ausgeführt, wodurch die bedeutenden Temperaturanomalien in demselben, deren Vorhandensein schon bekannt war, bestätigt und besser ergründet wurden. Hiernach stellt der ganze Bergbau von Idria einen nach allen Seiten, auch nach unten, begrenzten »Wärmekörper« dar von 450—600 *m* horizontalem Durchmesser und einer Höhe von etwa 150—200 *m*; die Aussenflächen dieses Körpers zeigen Temperaturen von 14° C., ja bis zu 10° herunter, im Innern aber steigen die Temperaturen bis zu etwa 27°, ja, sie sollen früher mehr als 30° C. erreicht haben. Das Wärmegefäll ist an verschiedenen Stellen sehr verschieden, im allgemeinen ziemlich gross. Die niedern Temperaturen von 12°, 11°, selbst 10° in verhältnismässig grossen Tiefen sind zum Teil, wie beim Maria-Theresien-Schacht, auf die abkühlende Wirkung der Tagewasser zurückzuführen.

Der tägliche Gang der Bodentemperatur zu Tiflis in den Jahren 1891—1895 ist aus den dort angestellten Beobachtungen

---

[1]) K. k. Akademie d. Wissenschaften in Wien. Mathemat.-physikal. Klasse 108. p. 950.

von Prof. J. Hann berechnet worden.[1]) Er giebt folgende Tabelle der erhaltenen Mittelwerte:

	Luft-Temperatur	Bodenoberfläche	Tiefe in *m*: 0.01	0.20	0.40	0.84	1.65	3.26	3.99	6.47
Januar	—0.4*	0.4*	0.6	1.6*	2.9*	5.9	9.9	14.1	14.7	15.2
Februar	1.6	3.1	3.3	3.4	3.8	5.5*	8.3*	12.8	13.7	14.9
März	6.6	9.3	9.4	8.6	8.2	8.1	8.8	11.9	13.0	14.6
April	10.5	13.8	14.1	13.0	12.2	11.3	10.7	11.9*	12.5*	14.2
Mai	16.4	21.1	21.5	19.7	18.0	15.9	13.4	12.4	12.6	13.9
Juni	21.6	28.8	29.6	26.9	24.3	21.1	17.1	13.6	13.2	13.8*
Juli	23.8	31.3	32.4	29.7	27.4	24.4	20.2	15.2	14.1	13.8
August	24.4	31.8	33.1	30.7	28.9	26.2	22.2	16.6	15.2	14.1
September	18.8	23.7	24.4	24.0	23.8	23.6	22.0	17.6	16.1	14.4
Oktober	13.9	16.3	16.7	17.1	17.7	18.8	19.4	17.7	16.5	14.8
November	7.2	7.9	8.1	9.6	11.0	13.8	16.3	16.9	16.4	15.1
Dezember	3.3	3.1	3.1	4.5	6.0	9.0	12.7	15.6	15.8	15.3
Jahr	12.3	15.9	16.3	15.7	15.4	15.3	15.1	14.7	14.5	14.5
			Mittlere Jahresextreme:							
Maximum	35.4	63.2	64.3	37.7	31.5	27.2	22.8	17.9	16.6	15.3
Minimum	—10.5	—10.5	—8.4	—0.9	1.5	4.6	8.1	11.8	12.5	13.8
Differenz	45.9	73.7	72.7	38.6	30.0	22.6	14.7	6.1	4.1	1.5

In den von Prof. Hann abgeleiteten Gleichungen des jährlichen Ganges, tritt sehr schön die Abnahme der Amplituden mit der Tiefe und die Verspätung der Phasenzeiten zu Tage.

Die unterirdischen Eisablagerungen in Nordamerika behandelt E. S. Balch,[2]) indem er alle ihm darüber zugänglichen Materialien sammelte und übersichtlich ordnete, auch viele Lokalitäten selbst besuchte. E. Fugger giebt[3]) davon folgende Übersicht: »An der Westküste von Grönland sind viele Lokalitäten mit Untergrundgletschern, d. h. von Vegetation bedeckten Gletscherresten bekannt. Gefrorner Boden wurde in Alaska gefunden, in Yukon giebt es Eisböden von mehr als 30 *m* Dicke; ein grosser Teil von Klondicke Country ist unter der Erdschicht 8—10 *m* tief gefroren. Im Feuerland fand man Eis und Lava wechsellagernd bis in grosse Tiefen; am Chimborasso sind, weit unter der Grenze des ewigen Schnees, enorme Eismassen mit Sand bedeckt.

Eigentliche Eishöhlen sind in den Weststaaten der Union von grösserer Bedeutung als in den östlichen Staaten. In Washington, nahe der Mündung des White Salmon River, kennt man eine Eishöhle in der Lava; ausserdem wird von Eishöhlen in den Staaten Oregon, California, Montana, Wyoming, Colorado und Arizona berichtet. In den Staaten östlich der Rocky Mountains sind 35 verschiedene natürliche Eislager bekannt — in Maine, New-Hampshire, Vermont, Massachusetts, Connecticut, New-York, Pennsylvania,

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1900. p. 281.
[2]) Journal of the Franklin Institute. Philadelphia 1899.
[3]) Petermann's Mitteilungen 1900. Litteraturbericht. p. 215.

Virginia, Indiana, Missouri und Iowa. Das südlichste derselben liegt in 37° nördl. Br.; die Eislager in Arizona liegen zwar noch südlicher, aber in bedeutend grösserer Meereshöhe.

Von den Eislagern des Ostens sind nur vier eigentliche Höhlen bekannt, nämlich jene von Manchester, Vt., Ellenville, N.-Y., Farrandsville, Pa., und Decorah, Ia. In letzterer Höhle wurden von A. F. Kovarik vom Decorah Institute zahlreiche wissenschaftliche Beobachtungen gemacht, welche die Richtigkeit der vom Berichterstatter (Fugger) stets verfochtenen Deluc-Thury'schen Theorie der Eishöhlen aufs neue vollkommen bestätigen.

Schnee- oder Eisklüfte (Ice glens, Ice gulchs) sah der Verf. in den Oststaaten drei, bei Stockbridge, Mass., bei Randolph, N.-H., und die grosse King's Ravine in der Presidential Range.

Verf. führt auch eine Anzahl von Schutthalden an, welche in ihren untern Partien im Sommer noch Eis enthalten. Er erwähnt zwar nichts von vorhandenen Luftströmen, doch möchte Fugger diese Eislager nach Analogie der von ihm untersuchten eishaltigen Schutthalden für die untern Mündungen von Windröhren halten.

Auch die gefrorenen Brunnen (Freezing wells) von Owego, Brandon und Decorah hat Verf. besucht. Der häufig beschriebene gefrorene Brunnen von Owego, N.-Y., wurde vor einigen Jahren zugeschüttet.

4. Erdmagnetismus.

Der absolute Wert der magnetischen Elemente am 1. Januar 1900 ist für die Stationen Parc Saint-Maur, Perpignan und Nizza von Th. Moureaux aus den regelmässigen Aufzeichnungen der identischen Apparate abgeleitet worden, unter Zugrundelegung der aus den Kurven entnommenen stündlichen Werte für die Tage 31. Dezember 1899 und 1. Januar 1900 und durch Vergleichung mit den absoluten Messungen an weitern nahe liegenden Tagen.[1]) Moureaux erhielt auf diese Weise für die absoluten Werte am 1. Januar 1900:

	Parc St.-Maur	Perpignan	Nizza
Westliche Deklination . .	14° 47.56′	13° 40.25′	12° 1.86′
Inklination	64° 55.2′	59° 59.5′	60° 10.4′
Horizontalkomponente . .	0.19711	0.22421	0.22416
Vertikalkomponente . . .	0.42117	0.38821	0.39099
Nordkomponente	0.19058	0.21786	0.21924
Westkomponente	0.05033	0.05299	0.04672
Gesamtkraft	0.46501	0.44831	0.45069

Die säkulare Änderung der verschiedenen Elemente gegen die Werte, die am 1. Januar 1899 an den Stationen gefunden waren, betrug:

Westliche Deklination . .	— 3.89′	— 4.83′	— 4.28′
Inklination	— 2.3′	— 1.4′	— 2.5′
Horizontalkomponente . .	+ 0.00029	+ 0.00018	+ 0.00051
Vertikalkomponente . . .	— 0.00010	— 0.00005	+ 0.00024
Nordkomponente	+ 0.00034	+ 0.00025	+ 0.00056
Westkomponente	— 0.00014	— 0.00026	— 0.00017
Totalkraft	+ 0.00003	+ 0.00005	+ 0.00046

[1]) Compt. rend. 1900. 130. p. 65.

Magnetische Messungen in Italien hat 1891 Prof. Luigi Palazzo ausgeführt[1]) und dabei hauptsächlich den lokalen Einfluss der vulkanischen Gesteine auf die magnetischen Elemente ins Auge gefasst.

Erdmagnetische Beobachtungen in Deutsch-Ostafrika. Seit 1896 sind in Dar-es-salam Beobachtungen der drei Elemente des Erdmagnetismus angestellt worden, worüber Hans Maurer berichtete.[2]) Für die Zeit vom Juni 1898 bis Februar 1899, aus welcher zahlreichere Beobachtungen vorliegen, ergaben sich folgende Mittelwerte:

Monat	Westliche Deklination	Südliche Inklination	Intensität in C. G. S. Einheiten		
			Total	Horizontal	Vertikal
1898 Juni	8° 20.90′	36° 53.1′	0.36243	0.28988	0.21753
1898 Juli	19.56	56.2	278	997	800
1898 August	18.09	56.8	254	974	791
1898 September . .	17.91	58.3	270	974	811
1898 Oktober . . .	17.69	58.1	249	962	800
1898 November . .	16.78	58.3	217	931	779
1898 Dezember . .	15.94	57.1	224	948	776
1899 Januar . . .	14.76	37° 0.6	269	962	832
1899 Februar . .	13.52	1.4	263	952	835

Kleine Störungen der erdmagnetischen Kraft in Batavia. W. van Bemmelen hat in den photographisch registrierten Kurven der erdmagnetischen Elemente zu Batavia sehr kleine Unregelmässigkeiten entdeckt, die er Zuckungen (Spasms) nennt.[3]) Da es wahrscheinlich war, dass diese Unregelmässigkeiten gewisse Tages-, Jahreszeiten u. s. w. bevorzugen, so erschien es dem Verf. lohnend, die hier in Betracht kommenden Gesetzmässigkeiten für Batavia näher zu untersuchen. Es ergab sich hierbei folgendes:

1. Eine halbjährliche Periode mit Maximis im März und September, Minimis im Juni und Januar. 2. Eine tägliche Periode mit einem Maximum um 3 Uhr nachmittags und einem Minimum um 1 Uhr nachts. 3. Eine Abhängigkeit von den Sonnenflecken. Ein Zusammenhang dieser Unregelmässigkeiten mit dem luftelektrischen Potential konnte nicht nachgewiesen werden; dagegen zeigten sich Übereinstimmungen mit den periodischen Bewegungen des Nordlichtes.

Verhalten des Erdmagnetismus mit der Erhebung über dem Meeresspiegel. Die bisherigen Angaben in dieser Beziehung sind widersprechend. A. Pochettino hat deshalb[4]) im August 1899 an

[1]) Rendic. della R. Accad. dei Lincei 8. 2 Sem. Ser. 5a. Roma 1899.
[2]) Hamburg 1899.
[3]) Kon. Akademie van Wetenschappen. Te Amsterdam 1899. p. 22.
[4]) Atti R. Accad. dei Lincei 1899. Ser. 5. 8. p. 204.

Stationen, welche die zwei sehr wesentlichen Vorteile einer bedeutenden Niveaudifferenz (bis 2100 *m*) und der Abwesenheit magnetischen Gesteins in der Nähe darboten, relative Messungen der Horizontalkomponente ausgeführt. Da die Stationen ausser ihrer Höhendifferenz auch Unterschiede in der nordsüdlichen und ostwestlichen Lage gegeneinander zeigten, bedurften die Beobachtungen noch einer Korrektion wegen der Breiten- und Längendifferenzen, für welche Pochettino die zahlreichen Messungen aus der betreffenden Gegend, welche Keller und Folgheraiter ausgeführt haben, verwertete. Nach Berücksichtigung dieser Korrektionen ergab sich im Mittel für eine Erhebung von je 1000 *m* eine Abnahme der Horizontalkomponente um 0.0005 C. G. S., ein Wert, der etwas grösser ist als der von Sella und Liznar gefundene. Aber die Messungen Sella's am Monte Rosa waren nicht frei vom Einflusse magnetischen Gesteins, und Liznar hat nur eine Höhendifferenz von 400 *m* für seine Messungen zur Verfügung gehabt.

Lokale magnetische Einwirkungen in magnetisch normalen Gegenden. Als letztere können die Gebiete der Meeresküste bei Fiumicino und das Becken des Fucinosees gelten. G. Folgheraiter hat deshalb dort magnetische Messungen ausgeführt,[1]) indem er an 90 Punkten die Dauer von 200 Schwingungen der Magnetnadel bestimmte, das Mittel sämtlicher Bestimmungen als Normalwert und die Abweichungen als lokale Anomalien betrachtete. Die Beobachtungen geschahen in der Zeit vom Oktober 1898 bis April 1899. Die Küste von Fiumicino besteht aus Ablagerungen des Tibers in Gestalt von kieseligem Sande, dem Krystalle, meist von Magnetit und Augit, die offenbar vulkanischen Ursprunges sind und aus den Kratern des Tiberbeckens stammen, beigemischt sind. Eigentliches vulkanisches Terrain kommt an der Küste nicht vor; dasselbe ist vielmehr mehrere Kilometer von dem Meere entfernt; doch können Asche oder vulkanische Gebilde vom Winde herbeigeführt worden sein, ebenso wie Meeressand das Gebiet bedeckt hat. Eine früher in der Gegend ausgeführte Bohrung hatte ergeben, dass bis zur Tiefe von 20 *m* rezentes Terrain, kieseliger Kalksand mit Augitkrystallen, angetroffen wird. An den Punkten, an denen die Horizontalintensität bestimmt wurde, sind auch Proben des Terrains entnommen und untersucht worden; die Messungen wurden an vielen nebeneinander gelegenen, sowie in verschiedenen Höhen befindlichen Punkten der Küste ausgeführt. Weiter wurden Messungen an den Dünen und an verschiedenen Punkten der Isola Sacra, sowie im Norden von Fiumicino gemacht. Als Ergebnis fand sich längs dieser Meeresküste nur eine weite Zone, in welcher starke Lokalwirkungen auftreten, deren Stärke und Vorzeichen auch an benachbarten Punkten variieren. Diese Lokalwirkungen nehmen ge-

[1]) Frummenti concernenti la geofisica dei pressi de Roma 1900. No. 9.

wöhnlich schnell ab bei zunehmender Erhebung über dem Boden und rühren daher von einer der oberflächlichen Schicht anhaftenden Ursache her; in der Höhe von 1 *m* sind sie noch sehr merklich. Zweifellos sind der Magnetit und die andern im Boden zerstreuten, magnetischen Krystalle die Ursache dieser lokalen Störungen, aber ihr Einfluss macht sich nicht immer in dem Sinne geltend, dass wo der Prozentgehalt der magnetischen Substanzen grösser ist, auch eine stärkere Störung vorhanden sein muss; die Messungen haben vielfach Abweichungen von dieser Regel ergeben. Man kann also nicht annehmen, dass die vorhandenen magnetischen Substanzen durch ihren permanenten Magnetismus wirken, sondern nur durch den Magnetismus der Lage. Die unregelmässige Verteilung der magnetischen Substanzen im Boden, bedingt durch die von der Wellenbewegung des Meeres und vom Winde veranlassten Umlagerungen des Sandes, ist die einzige wahrscheinliche Ursache der so schnellen Änderungen der Intensität, des Zeichens der Lokalwirkungen. Da die starken lokalen Störungen fast ausschliesslich auf die Zone der Dünen beschränkt sind, so scheint, dass ein Zusammenhang existiert zwischen den Ursachen, welche an diesem bestimmten Orte jene Sandmassen angehäuft haben, und der Verteilung der magnetischen Substanzen an der Küste, da diese ausserhalb dieser Zone sich in viel geringerer Menge vorfinden als in der Zone und auf den Dünen.

Eine andere Reihe von Messungen wurde im Fucinobecken ausgeführt, die gleichfalls die Existenz von Lokalstörungen hier und da ergeben haben. An einigen Orten wurden hier vulkanische Ablagerungen gefunden, und es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass sie auch an andern Orten in grösserer oder geringerer Tiefe unter den Alluvionen vorhanden sind und so die magnetischen Störungen veranlassen können.

Eine Beziehung zwischen der Verteilung der erdmagnetischen Elemente und der Ausbreitung der Ozeane, sowie mit der mittlern Jahrestemperatur auf der Erdoberfläche ist von A. de Tillo gefunden worden.[1]) Hiernach zerfällt die Erdoberfläche in magnetischer Beziehung in zwei Hemisphären mit analogem, aber entgegengesetztem Verhalten. Die positiven Teile der Totalintensität, der Horizontalintensität, sowie der nördlichen Komponente derselben befinden sich zwischen 90° und 270° östlich von Greenwich; die positive Halbkugel der Deklination und der östlichen Komponente der Horizontalkraft befindet sich zwischen 130° und 310° östlich von Greenwich. Leitet man für die Epoche 1885.0 die Mittelwerte der magnetischen Elemente (Horizontalintensität, sowie der rechtwinkeligen Komponenten derselben, Totalintensität, Vertikalintensität, Deklination, Inklination, erdmagnetisches Potential), für die Halb-

[1]) Terrestrial magnetism and atmospheric electricity 1899. 4. p. 237.

kugeln, welche zwischen 0° und 180°, 10° und 190°, 20° und 200° u. s. w. liegen, ab und vergleicht dieselben mit den entsprechenden mittlern Jahrestemperaturen, wie sich dieselben nach Spitaler ergeben, sowie mit der entsprechenden Verteilung von Wasser und Land, so gelangt man zu folgenden Ergebnissen: einer Halbkugel mit niedrigerer mittlerer Jahrestemperatur entspricht im allgemeinen eine Halbkugel mit grösserer Totalkraft des Erdmagnetismus und mithin auch mit grösserer Intensität der Horizontalkraft, der rechtwinkeligen Komponenten und mit grösserer Deklination. Was die Verteilung der Landmassen anbelangt, so ist die Halbkugel zwischen 170° und 350° östlich von Greenwich die kontinentalste, indem sie 22% mehr Land als die entgegengesetzte Halbkugel aufweist, aber auch die Halbkugel zwischen 110° und 290° östlich von Greenwich ist sehr kontinental, indem sie 20% mehr Land als die entgegengesetzte Halbkugel zwischen 290° und 110° östlich von Greenwich umfasst. Diese letztere umschliesst fast den ganzen Stillen Ozean und hat eine kleinere Totalintensität des Erdmagnetismus, sowie eine höhere Temperatur, als die entsprechende kontinentalere Halbkugel.

5. Vulkanismus.

Merkwürdige vulkanische Erscheinung. Eine solche hat sich in dem westlichen Teile des mexikanischen Staates Michoacan in der Nähe des Sees von Chapala vollzogen. In der Hacienda von Gudrache hörte man im vorigen Jahre plötzlich heftige unterirdische Geräusche und darauf eine sehr starke Detonation, die die ganze Bevölkerung der Gegend in eine furchtbare Aufregung versetzte. Wenige Stunden darauf erfuhr man, dass von einem benachbarten, wegen seiner Schwefelquellen berühmten Hügel eine riesige Rauchsäule aufgestiegen war. Nachdem der erste Augenblick des Schreckens vorübergegangen war, und man sich dem Hügel zu nähern wagte, machte man die Entdeckung, dass sich auf dessen Gipfel ein grosser See von schwefligem, warmem Wasser gebildet hatte, der einen Umfang von wenigstens 1 *km* und eine Tiefe von 12 *m* besass. Es scheint sich danach um einen gewaltigen Ausbruch heisser Quellen gehandelt zu haben, der wahrscheinlich eine Folge von unterirdischen Vorgängen vulkanischer Entstehung gewesen ist.

Der gegenwärtige Zustand der Vulkane Südeuropas. Hierüber hat der mit deren Besuche vom französischen Unterrichtsminister beauftragte Prof. Matteucci, der Pariser Akademie am 6. November einen Bericht erstattet, der insbesondere die gasförmigen Produkte der Fumarolen berücksichtigt. Die Beobachtungen nahmen ihren Anfang im Herbste 1898.

Am Vesuv weisen nur noch die in den Jahren 1872, 1889, 1891 und 1895 entstandenen Spalten Solfataren-Thätigkeit auf. Die

1872 aufgerissenen Nordnordwestspalten, aus denen sich so gewaltige und gewaltthätige Lavamassen ergossen, sind wieder vollständig geschlossen und unthätig. Einzig die sekundären Südwestspalten, die indirekte Verbindung mit dem Magmaherde besitzen, hauchten im Herbste 1898 noch Wasserdampf aus mit Spuren von Chlorwasserstoff und schwefliger Säure, viel Kohlensäure und Kohlenwasserstoffe, bei einer zwischen 40 und 50° wechselnden Temperatur. — Die hochgelegene Ostspalte von 1889 entsendet viel Wasserdampf mit schwefliger und Chlorwasserstoffsäure und einer merkbaren Menge von Kohlensäure und Kohlenwasserstoffen. — Die nördliche Spalte, aus der sich vom 7. Juni bis 3. Februar 1894 ununterbrochen Lava ergoss und zugleich Wasserdampf mit wenig Chlorwasserstoff-, Kohlen- und schwefliger Säure entwickelte, hat zugleich mit Beendigung des Lavaausflusses aufgehört, Gase und Dämpfe auszusenden. Kurze Zeit danach unterblieben auch seitens der ergossenen Lavamassen selbst die starken Gasausströmungen, die vorher bei der Bildung von Sulfaten und Chloriden des Eisens und Kupfers, von Eisenglanz (fer oligiste) und von Tenorit entwickelt wurden. Im Herbste 1898 hauchte noch eine geringe Zahl von Spalten dieses Lavastromes ein wenig trockene Chlorwasserstoffsäure bei Temperaturen von 50—80° aus. Die neuen Spalten, die sich am 3. Juli 1895 aufthaten, und denen im Herbste 1898 grosse Lavamassen entquollen, haben ungewöhnlich zahlreiche, verschiedenartige gasförmige Emanationen und feste Sublimationsprodukte geliefert, nämlich Chlor-, Jod-, Brom- und Fluorwasserstoffsäure, schweflige und Schwefelsäure, Kohlensäure, Schwefel, Selen, Jod, verschiedene Sulfate und Chloride von Eisen und Kupfer, Erythrosiderit, Oligist, Chloride von Eisen und Natrium. Auf den Laven selbst schlugen sich Kochsalz, Salmiak, Tenorit und Natriumbicarbonat nieder. Der Zentralkrater zeigte während der ganzen Zeit eine explosive Thätigkeit, die Matteucci als die für den Stromboli typische bezeichnet. Am 11. Oktober 1899 besuchte Matteucci den Vesuv nochmals und fand dessen ganze Thätigkeit auf den Gipfelkrater beschränkt; doch hält er es für wohl möglich, dass der in der Nacht vom 1. zum 2. September beendete seitliche Lavenerguss von denselben Westnordwestspalten wieder beginnen werde.

Der Krater des Ätna besass bei Matteucci's Besuch 500 *m* Länge von Westnordwest nach Ostsüdost, 400 *m* Breite und mehr denn 200 *m* Tiefe; im Innern fanden sich glühende Blöcke, von denen sich 1—2 *m* hohe blaue Flammen entwickelten, in denen Schwefel und vielleicht auch Kohlenoxyd verbrannte. Auf dem Kraterrande fanden sich: Schweflige Säure, Schwefelwasserstoff, Kohlensäure, Chlor- und Fluorwasserstoffsäure, Schwefel, Sulfate und Chloride von Kalium, Natrium, Magnesium, Aluminium, Eisen und Kupfer. Die höchsten Explosionskegel der Eruptionen von 1879 und 1892 sandten viele saure Dämpfe aus, darunter auch ein wenig Fluorwasserstoffsäure. Andere, tieferliegende Krater-

mündungen (bocca) der Eruption von 1892, sowie solche von 1883, lieferten Natriumsulfat und -bicarbonat; letzteres Salz wurde auch in den Seitenmoränen der Lavaströme von 1892 angetroffen. Infolge der heftigen Explosionen, die am Tage des römischen Erdbebens (19. Juli) begannen, aber nur wenige Tage dauerten, hat der Ätnakrater inzwischen eine geringe Erweiterung erfahren und eine sehr deutliche Erhöhung auf dem Boden erhalten.

Der Vulcano beharrt in seiner Solfatarenthätigkeit von 1888 bis 1890; die Wände und der Boden des weiten Kraters dunsten Wasser mit vielen Gasen aus, darunter Kohlen- und Schwefelsäure, Schwefel- und Chlorwasserstoff. Die Dämpfe von Schwefel- und Borsäure verdichten sich fast überall, ausser um die wärmsten Fumarolen herum. Ein einziges Mal, bei Nacht, gelang es, die Gegenwart von Fluorwasserstoffsäure nachzuweisen. In den von der Vulkanachse entferntesten Teilen, so zu Faraglioni du Porto di Levante und an der Aussenseite der jüngsten Kraterumwallung waren Kohlenwasserstoff und Kohlensäure mit geringen Mengen von Chlorwasserstoff und Schwefelsäure zu bemerken.

Die Thätigkeit des Stromboli ist eine eigenartige, wohl gekennzeichnete. Der vulkanische Apparat besteht aus sieben Kratern, von denen einer bald Schlacken und Dämpfe, bald mit Sand beladenen Rauch, bald kleine Lavaströme aussendet. Unter den Gasen war Fluorwasserstoffsäure zu erkennen. Die Explosionen folgen schnell aufeinander und lassen, aus der Nähe und bei Nacht beobachtet, bläulich gekrönte Flammen sehen. Eine am 7. März 1899 eingetretene Steigerung der Thätigkeit hat zur Folge gehabt, dass zwei von den sieben Kratern zu einem einzigen verschmolzen und die Eruptionsmündung unter bedeutender Erweiterung den Platz wechselte.

Auf Santorin hat sich das Terrain, das seit der Eruption von 1866—1870 die Bai südwestlich von Mikrakaimeni bildete, merklich gesenkt. Die in dem Kanale zwischen Nea- und Mikrakaimeni zusammenfliessenden, eisenhaltigen Gewässer besitzen 45—60° Wärme und enthalten sowohl Kohlenwasserstoff, als auch Kohlensäure. Infolge der bedeutenden Bodensenkung hat sich der Hafen von Hag. Georgios, westlich von Neakaimeni, um mehrere Meter erweitert. Die Mai-Inseln zwischen diesem Hafen und Paleakaimeni sind fast ganz unterm Meeresspiegel verschwunden. Der Krater Georgios I. war, als Matteucci ihn besuchte, überzogen von Eisenchlorid, Eisenkaliumdoppelchlorid, Gips, Kupfersulfaten und -chloriden, sowie Schwefel. Unter den Dämpfen wurden beobachtet Wasser mit Chlorwasserstoff-, Kohlen-, schwefliger und Fluorwasserstoffsäure. Auf den Laven von Aphroëssa fand sich ein wenig Natriumbicarbonat. Matteucci meint, dass Santorin sich nach 30 Jahren des Gasausdunstens vorzubereiten scheine, das imposante Schauspiel von Flammen und Explosionen wieder aufzuführen, das es schon im Ägäischen Meere gegeben hat.

Zusammenfassend bemerkt Matteucci über die Fumarolen, »dass der Mangel des Nachweises gewisser Gase unter ihnen in den Gegenden lebhafter vulkanischer Thätigkeit wohl daraus zu erklären sei, dass ihre Kennzeichen durch die Gegenwart stärkerer Säuren verhüllt würden«.[1])

Der Lavaausfluss des Vesuv im Juli und August 1899 ist von R. V. Matteucci untersucht worden.[2]) Seit Juli 1895 sind überhaupt mehr als 125 Millionen Kubikmeter Lava dem Vesuv entquollen und haben eine Kuppe von 165 *m* Durchmesser gebildet, die sich bis zu 890 *m* über den Meeresspiegel erhebt und das Atrio di Cavallo von Westen her schützt. Bis 1. Juli war die Tiefe des Hauptkraters dieselbe geblieben wie zur Zeit, da die seitliche Eruption begann, von da an aber stieg der Kratergrund allmählich, während wiederholt der Lavaausfluss plötzlich schwächer wurde, und hatte in der Nacht vom 1.—2. August nur noch die Tiefe von 100 *m*. Der Krater zeigte volle Stromboli-Thätigkeit; seine Mitte war von einem Lavabecken eingenommen, das 10 *m* Durchmesser und lebhafte Bewegungen zeigte. Am Abende des 3. hörte der seitliche Lavaausfluss ganz auf, dafür wurde die Thätigkeit des Endkraters sehr lebhaft; um 22.30^h wurde ein lebhaftes Leuchten des grossen Kegels bemerkt, und um 2.30^h des nächsten Tages konnte ein neuer Lavaausfluss an dieser Stelle verzeichnet werden.

Die in der Nacht vom 3. zum 4. August eingetretene Erscheinung war ziemlich ähnlich, wenn nicht vollkommen gleich der vom 31. Januar 1897. Das fast vollständige Aufhören des seitlichen Lavaausflusses zeigt an, dass in beiden Fällen das Magma beim Durchströmen des neuen Domes einen grossen Widerstand gefunden, so dass alle Energie sich auf den Endkrater konzentrierte. Infolge des grossen Widerstandes im Dome zog sich das Magma grösstenteils in den Hauptgang zurück und stieg dort 100 *m* über sein früheres Niveau. Dadurch steigerte sich der Druck gegen die Wände des Kraters, und an einer Stelle von geringem Widerstande, und zwar genau in dem am 3. Juli entstandenen Spalte, aber in der Meereshöhe von 1060 *m*, erfolgte ein neuer Ausbruch.

Hier entstand in der Nacht vom 3. zum 4. August ein Explosionskrater, über dessen untern Rand ein Strom sehr flüssiger Lava sich ergoss, ältere Schlacken mitführend. Als Matteucci am 4. den Ort besuchte, fand er den Strom noch sehr heiss, aber vollkommen erstarrt; am Grunde des neuen, kleinen Kraters sah er das glühende Magma unter einem ältern Spalte, aus welchem unter starkem Drucke Dämpfe entwichen, und an diesem Tage wie in der folgenden Nacht kleine Schlacken ausgeworfen wurden. Das Magma stand offenbar in direkter Kommunikation mit dem Zentralschlote,

[1]) Naturwissenschaftliche Wochenschrift 15. Jahrg. p. 69.
[2]) Rendiconti della R. Accademia dei Lincei 1899. Ser. 5. 8. p. 168.

und nachdem der Ausfluss hier aufgehört, nahm er wieder aus dem mehrfach erwähnten Dome zu, und im Krater sank das Niveau um 49 *m*.

Die Höhe des Vesuv über dem Meeresspiegel ist 1240 *m*, die Tiefe des Kraters war 100 *m*, so dass die Lavasäule bis zur Höhe von 1140 *m* über dem Meere aufgestiegen war; der neue Explosionskrater befand sich in 1060 *m* Meereshöhe, der Niveauunterschied zwischen dem Kraterboden und dem Explosionskrater betrug somit 80 *m*, der Niveauunterschied zwischen dem Explosionskrater und dem Gipfel des Lavadomes war 170 *m*, und der Unterschied zwischen dem Kraterboden und dem Gipfel des Lavadomes betrug 250 *m*. Nimmt man nun eine freie Beweglichkeit des Magmas in den kommunizierenden Kanälen an, ferner für den Durchmesser der Lavasäule 10 *m* und für die Dichte der flüssigen Lava den Wert 2.5, so erhält man für die Niveaudifferenz von 80 *m* ein Gewicht von 15000 Tonnen und für die von 250 etwa 49000 Tonnen. Dies sind also die Drucke, unter denen die geschmolzene Lavamasse in den bezeichneten Höhen von 1060 und 890 *m* gestanden hat.

Die vulkanische Minahassa, die nördlichste Halbinsel von Celebes ist von F. Rinne besucht und (geologisch) durchforscht worden.[1]) Dieselbe hat eine Länge von 110, eine Breite von 30 bis 50 *km* und wird vom Äquator durchschnitten. Sie ist eine vulkanische Landschaft. »Über niedrigern Vorbergen oder auch flachen Küstenstreifen schroff aufsteigend, zum Teil bis zum Gipfel mit Wald bedeckt, zum Teil von der Vegetation noch nicht wieder erobert, erheben sich bis 2000 *m* hohe Vulkankegel, so in der Nähe der tief eingreifenden Bucht von Amurang der kahle Saputan (1827 *m*), bei Menado die waldigen Gipfel der Lokonberge (1592 *m*), des Olymps der alfurischen Minahassaleute, und der gleichfalls bis zum Gipfel dicht mit Wald bestandene Klabat (2019 *m*), bei Kema die Dua Sudara (Zwei Brüder, 1373 *m*) und der Batu angus (Angesengter Fels). Die geringe Grösse der Minahassa bringt es mit sich, dass man bei der Küstenfahrt an ihrer NW-, N- und SO-Seite Berge wie Klabat und Dua Sudara nach und nach von verschiedenen Seiten erblickt, und so erscheint denn auch bei Belang, an der Südostseite der Minahassa, der kahle, braunviolette Kegel des Saputan wieder, hier neben dem schluchtenreichen, mit Urwald dicht bestandenem Gunung (Berg) Manimporok (1775 *m*).

Bis ganz vor kurzem war nur wenig Sicheres über den geologisch-petrographischen Aufbau der Minahassa bekannt. Aus mancherlei Berichten einer grössern Zahl von Gelehrten und Naturfreunden wusste man, dass der Boden der Minahassa auf weite Strecken vulkanisches Produkt ist, dass die Vulkane nach zum Teil heftigen Ausbrüchen (Dua Sudara 1680 (?), Batu angus 1801, Batu

[1]) Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft (1900). **52.** p. 327.

angus baru (neuer versengter Fels) 1821, Saputan 1838) und nach Zeiten etwas erhöhter Thätigkeit (Lokon 1893) sich im Fumarolenzustande befinden oder gänzlich erloschen scheinen, und dass Solfataren, Schlammsprudel und viele heisse Quellen im Lande vorkommen.«

Rinne hat während eines mehrmonatlichen Aufenthaltes in Minahassa auch die südlichen, bisher noch fast unbekannten Gegenden bereist. Von Tombatu aus hatte er einen prächtigen Blick auf die Berge Saputan und Manimporok, besonders auf das steilwandige, waldbedeckte, gewaltige Hufeisen des letztern, aufgerissenen Kraterberges. Der Saputan zeigte nur geringe Fumarolenthätigkeit, als Nachklang der Eruption von 1838. Der Gunung Manimporok (1775 *m*), ein schluchten- und gratreicher, meist dicht mit Urwald bedeckter Vulkan wurde, von Rinne, als erstem, erstiegen. Er liegt frei für sich und von dem scharfen, entsprechend dem ablaufenden Graten und Schluchten ausgezackten Kraterrande bot sich ein ausgezeichneter Einblick in den ausserordentlich tiefen, von schroffen, aber bewaldeten Wänden umgebenen, seitlich aufgerissenen alten Kraterkessel.

Die Vulkane von Guatemala und Salvador sind seit 1892 von Carl Sapper studiert worden. Über mehrere derselben machte er neuerdings weitere Angaben, die auf seinen eigenen Beobachtungen beruhen.[1])

Der erste Vulkan, den er 1897 erstieg, ist der Pacaya, welcher auch von K. v. Seebach, sowie von Dollfus und Montserrat bestiegen und ausführlich beschrieben worden ist. »Er gehört zweifellos zu den kompliziertesten Vulkangerüsten Mittelamerikas und ist auch jetzt noch immer nicht hinreichend bekannt.«

»Der Gipfel des aktiven Kegels liegt nach der interkontinentalen Eisenbahnkommission (abgekürzt ICEC) in 14° 22′ 28″ nördl. Br. und 90° 36′ 03″ westl. L. (von Greenwich); seine Höhe beträgt 2544 *m*. Die Beschreibung des aktiven Kegels, wie sie K. v. Seebach und Dollfuss und Montserrat a. a. O. geben, stimmt auch auf den gegenwärtigen Zustand desselben; nur haben sich die damals vorhandenen radialen Spalten inzwischen geschlossen, und die Exhalationen von Wasserdämpfen sind noch schwächer geworden, als sie damals in den sechziger Jahren waren. Der aktive Kegel befindet sich nahe dem Südostende eines grossen alten Kraterwalles, der nach innen (SW) sehr steil abfällt, und von welchem noch etwa ein Quadrant erhalten ist. Nahe dem Westende dieses alten Kraterwalles bemerkt man leichten Geruch nach schwefliger Säure. Ebenso bemerkt man auf dem Lavafelde, welches das Thal zwischen dem alten Kraterwalle und dem aktiven Kegel ausfüllt, etliche gelb angehauchte Flecken, welche vermutlich von leichten Fumarolen herrühren.

[1]) Petermann's Mitteilungen 1900. p. 149.

Das Westende des alten Kraterwalles nimmt ein ziemlich gut erhaltener Lapillikrater ein, dessen Umwallung nur auf der Südostseite eine tiefe Einsenkung (2185 *m*) besitzt. Im Innern des Kraters bemerkt man eine kleine halbkreisförmige Erhöhung, welche vielleicht der Überrest eines kleinen Innenwalles ist; bei der dichten Walddeckung im Innern war aber keine Sicherheit über diese Frage zu gewinnen. Der Krater ist vollständig erloschen; er ist umfangreicher und tiefer als der Krater des aktiven Kegels. Der höchste Punkt der Umwallung liegt nordwestlich vom Zentrum (2275 *m*): der tiefste Punkt im Innern liegt etwa 2165 *m* über dem Meere. Im Nordosten lehnt sich der Lapillikrater unmittelbar an den alten Kraterwall an.«

Sapper bestieg u. a. auch den Vulkan Las Flores, der übrigens schon im Jahre 1892 von einem Mitgliede der ICEC erstiegen worden war; seine Lage wurde zu 14° 17′ 58″ nördl. Br. und 89° 59′ 33″ westl. L., seine Höhe zu 1958 *m* bestimmt. Fast der ganze Berg baut sich aus Lavaströmen auf, daher ist hier die Böschung viel sanfter als an den übrigen Vulkanen Guatemalas. Die relative Höhe des Berges beträgt etwa 500 *m*. In 1500 *m* absoluter Höhe trifft man auf der Ostseite des Berges eine fast ebene, kleine Hochfläche, welche im Südwesten von einem schwach gekrümmten Lavawalle begrenzt wird; derselbe scheint der Überrest einer ehemaligen Kraterumwallung zu sein; sein Gipfel erreicht 1550 *m* absoluter Höhe. Westlich von diesem Lavawalle passiert man eine kleine Einsenkung (1500 *m*) und steigt nun zu einem kleinen Aufschüttungskegel hinan, der ganz aus lockern Auswürflingen zu bestehen scheint; wenigstens besitzt er die charakteristische breitwulstige Umwallung der Lapillikrater. Der höchste Gipfel der Umwallung befindet sich südwestlich von dem kleinen, 1550 *m* hoch gelegenen, ovalen Kraterboden, dessen Längsaxe ungefähr von Nordost nach Südwesten gerichtet ist und 60—70 *m* messen dürfte. Die Entfernung vom Umwallungsgipfel zu dem nordöstlichen Teile des Walles beträgt ungefähr 300 *m*; ein Teil der Ostseite der Umwallung ist zerstört. Im Süden und Osten bemerkt man auf dem Hange des Vulkanes Las Flores einige parasitische Vulkänchen; einige andere Begleitvulkane beobachtet man in etwas grösserer Entfernung.

Der grosse Vulkan, der bald nach dem Dorfe Suchitan, bald nach dem Dorfe Santa Catarina benannt wird, ist nach Nordnordosten durch einen tiefen Barranco geöffnet. »Das Innere des Kraters ist fast ganz mit Hochwald bedeckt, während die Aussenhänge des Vulkanes hoch herauf abgeholzt sind und für Maiskultur oder Viehzucht Verwendung finden. An manchen Stellen des obern Kraterkranzes tritt der nackte Fels zu Tage, so namentlich an dem als Peñon bekannten Gipfel. Nordwestlich davon befindet sich der höchste Gipfel des Berges, und es ist wahrscheinlich, dass die ICEC diesen Punkt bestimmt hat (2042 *m* hoch, 14° 23′ 26″ nördl. Br., 89° 46′ 57″ westl. L.).

Im Norden lehnt sich an den Vulkan von Suchitan ein wohlerhaltener Aufschüttungskegel, der wegen seiner roten Schlacken den Namen Cerro colorado führt. Nur die Südosthälfte der flachen Kraterumwallung ist erhalten geblieben. Der Gipfel liegt südlich in 1840 *m* Höhe. Ein flacher Sattel von 1710 *m* Höhe trennt den Cerro colorado vom Hauptvulkane.

Im Westen befindet sich der riesige Krater (oder Maar) von Retana, dessen Boden bis vor kurzem von einem See bedeckt gewesen ist. Dieser See war vor etwa 40 Jahren zum erstenmal ausgetrocknet, wobei alle Fische ausstarben; kurze Zeit darauf füllte sich das Maar wieder mit Wasser an, das aber von nun ab keine Fische mehr beherbergte. Im Jahre 1890 trocknete der See wiederum aus, und seitdem haben sich keine Wasseransammlungen mehr gebildet. Der Boden des Retana (1060 *m* über dem Meere) ist wohl beinahe kreisrund, sein Durchmesser etwa $2^1/_2$ *km*; von allen Seiten ist er von einem starken Bergwalle begrenzt, der am niedrigsten im Nordwesten ist (an manchen Stellen wohl kaum 40 *m* hoch), am höchsten aber im Westen, Süden und Norden (zuweilen 200 *m*). Auf dem Süd- und Südosthange des Suchitan-Vulkanes bemerkt man einige kleine parasitische Kegelchen, welche sämtlich aus lockern Auswürflingen aufgebaut zu sein scheinen.«

Sapper beschreibt näher eine Anzahl kleiner Vulkane und Aufschüttungskegel, die sich in dieser Gegend zerstreut finden. Unter andern erstieg er auch den Vulkan San Miguel der 1866 von Dollfuss und Montserrat beschrieben worden ist. Seit dieser Zeit hat sich der Krater wesentlich verändert. »Der äussere ringförmige Kraterboden ist beinahe sichelförmig geworden, da auf der Südseite nur noch geringe Andeutungen davon erhalten sind, während die beiden Geologen im Jahre 1866 die Breite des Ringes an seiner schmalsten Stelle in SSO noch auf 60 *m* geschätzt haben. Es sind also hier beträchtliche Teile des alten Ringes abgestürzt, und zwar vermutlich längs einer mit dem Innenkrater konzentrischen Spalte. Man ist zu diesem Schlusse um so eher berechtigt, als sich auf der Nordwestseite des Ringbodens zur Zeit des Besuches ebenfalls eine grosse Spalte nahe und parallel dem äussern Kraterwalle zeigte; dieselbe klaffte nahe ihrem Nordende etwa $^1/_2$ Fuss; weiter südlich wird die Öffnung immer weiter, und zugleich bemerkt man, dass der östlich gelegene Teil des Ringbodens sich längs dieser Spalte mehr oder weniger stark gesenkt hat; den grössten Betrag der Sprungtiefe schätzte Verf. auf 7 *m*. Nahe dem südlichen Ende der Spalte, da, wo sie in den grossen Querbarranco mündet, bemerkt man noch einige kleinere parallele Spalten. Der Innenkrater hat seit 1866 noch bedeutendere Veränderungen erlitten, denn er ist durch eine neue Eruption vor kurzem fast gänzlich mit frischer Lavamasse aufgefüllt worden. Diese Eruption hatte im Dezember 1891 oder 1892 stattgefunden (das Jahr ist nicht sicher festzustellen, vielleicht schon 1890?). Sie hatte nur wenige Tage gedauert und den Umwohnern

keinen Schaden verursacht, sondern nur ein grossartiges Feuerwerk bereitet; denn ein Aschenregen fand nicht statt, und die Bomben- und Schlackenauswürflinge fielen fast sämtlich im Innern des Kraters nieder; nur einige wenige vereinzelte Lavafladen fand Verf. ausserhalb, jedoch bereits in nächster Nähe des Kraters vor. Sobald Verf. aber die Scharte der Kraterumwallung überschritten hatte, bot sich ihm ein äusserst merkwürdiger Anblick dar: vor sich sah er den durch die lange Einwirkung der schwefligen Dämpfe ganz weiss gebleichten Boden des primitiven Kraters, ganz übersät von kleinen und grossen schwarzen Bomben und Fladen, welch letztere manchmal mehrere Quadratmeter Oberfläche besitzen und an manchen Stellen die von der äussern Kraterwand herabgestürzten riesigen Gesteinsblöcke fast ganz mit einer dünnen schwarzen Lavakruste überdeckt haben. Je näher dem Innenkrater, desto zahlreicher werden die schwarzen, von der jüngsten Eruption ausgeworfenen Laven, und der Rand des Ringbodens ist bereits vollständig von einer beträchtlichen Schicht schwarzer Schlacken überzogen (auf der Nordwestseite etwa 2 *m* mächtig). Jenseits des ringförmigen Kraterbodens stiegen aus dem Innenkrater ansehnliche Rauchwolken in die Höhe, und mit unsichern Umrissen hoben sich aus dem Qualme die Umrisse eines kleinen neuen Zentralkegels und zur Linken davon die flachern Konturen eines zweiten Schlackenhügels heraus.«

Der Vulkan Las Pilas in Nicaragua ist von Carl Sapper besucht und beschrieben worden.[1]) Unter den zahlreichen, eng zusammengedrängten Vulkanen der Maribios-Reihe in Nicaragua ist der Vulkan Las Pilas einer der interessantesten, teils wegen seines ziemlich komplizierten Baues, teils wegen der Aufsehen erregenden Eruptionen vom 13. April 1850 und vom 14. November 1867, welche zur Neubildung kleiner Aschen- und Schlackenkegel auf seiner westlichen Abdachung geführt haben. Über den erstgenannten Ausbruch berichtete E. G. Squier,[2]) über den letztern der damalige amerikanische Gesandte für Nicaragua, M. Dickson, in einem offiziellen Berichte an den Staatssekretär M. Seward; einen Auszug aus beiden Berichten gab Carl v. Seebach in seinem nachgelassenen Werke,[3]) während die beiden französischen Geologen A. Dollfuss und E. de Montserrat[4]) Mr. Dickson's Bericht fast wörtlich in französischer Übersetzung mitgeteilt haben. Geben diese Berichte auch ein ziemlich gutes Bild von den damaligen Vorgängen, so sind sie doch gänzlich ungenügend zur Kennzeichnung der Rolle, welche die neugebildeten Kegelchen im Vergleiche zum Hauptvulkane und dessen ältern parasitischen Auswüchsen spielen. Es war deshalb

1) Zeitschr. d. Deutschen geolog. Gesellschaft 51. p. 578 ff.
2) Travels in Centralamerica 2. p. 101.
3) Über Vulkane Centralamericas. Göttingen 1892. p. 74 ff.
4) Voyage géologique dans les républiques de Guatemala et de Salvador. Paris 1868. p. 327 ff.

schon bei seinen frühern Besuchen der Republik Nicaragua (1897 und 1898) Sapper's Wunsch gewesen, diese Eruptionsstellen persönlich kennen zu lernen und zugleich ein Bild von den morphologischen Eigentümlichkeiten des Hauptvulkanes zu gewinnen; aber erst im Mai 1899 gelang es ihm, diesen Wunsch auszuführen. Karl v. Seebach musste im Januar 1865 von einer Besteigung des Berges absehen, da er keinen Führer dafür finden konnte, und musste sich deshalb auf eine Skizze der Umrisslinien aus weiter Entfernung (von der Stadt Leon aus) beschränken. Die Handzeichnung der Maribios-Vulkane, welche C. v. Seebach veröffentlicht hat, hat zwar den Fehler der meisten Handzeichnungen, dass sie nämlich die Böschungswinkel übertreibt, aber sie giebt doch ein recht gutes Bild der grossartigen Vulkannatur jener Gegend und lässt auch am Pilas manche Einzelheiten, wie die beiden Hauptgipfel und die kleine Parasitenreihe auf seiner Westseite, ziemlich richtig erkennen, während der Vulkan Rota allerdings recht verzeichnet ist. Trotz der leichten Erreichbarkeit des Pilas scheint derselbe seit C. v. Seebach's Besuch nicht mehr die Beachtung eines Geologen gefunden zu haben, bis Dr. Bruno Mierisch ihn im Jahre 1891 erstieg; er verfertigte eine gute Skizze des Berges und seiner östlichen Umgebung, welche im »Globus« (75. p. 202) veröffentlicht worden ist. Da Mierisch die Besteigung des Pilas von Osten her unternommen hatte, so wählte Sapper, von Matagalpa kommend, seine Westseite zum Anstiege und konnte auf diese Weise Mierisch's Aufnahmen wesentlich vervollständigen. Eine seiner Abhandlung beigegebene hypsometrische Kartenskizze beruht in der Hauptsache auf seinen Itineraraufnahmen und Kompasspeilungen; die Höhen sind durch Ablesung dreier geprüfter Aneroidbarometer bestimmt, doch ohne grosse Genauigkeit, da Sapper bei der Höhenberechnung nicht die Resultate korrespondierender Beobachtungen zu Hilfe nehmen konnte. Er fand für den Hauptgipfel des Pilas ca. 1150 *m*, während P. Levy[1]) dem Berge 1116 *m* zuschrieb, und die ICEC im Jahre 1892 trigonometrisch nur 1071 *m* gefunden hatte.

Sapper unternahm die Besteigung von der Hacienda Rota aus, nordwestlich vom Las Pilas liegend. Der Weg führte über den aus Lapillis gebildeten Auswurfskegel des Cerro del Hoyo und mehrere andere Krater zum Cerro negro, einem schwarzen Schlackenkegel mit zwei Kratern im Süden und einer hufeisenförmigen Erhebung, aus der sich ein ansehnlicher Lavastrom nach W ergossen hat. »Westlich vom Cerro negro erblickt man ein etwas älteres Lapillifeld, das noch fast ganz der Vegetation entbehrt und vermutlich den Lavastrom überdeckt, der sich bei der Eruption vom April 1850 westwärts ergossen hat. Sofort fällt in die Augen, dass einer der Krater des Cerro negro das Eruptionszentrum von 1850 gewesen

---

[1]) Notas geográficas y económicas sobre la republica de Nicaragua. Paris 1873.

sein muss, während der andere der in Dickson's Bericht erwähnte, senkrecht auswerfende Krater des Ausbruches von 1867 gewesen sein muss, und dass aus dem 300 *m* nordöstlich davon befindlichen Schlackenkegelchen die unter 45° geneigten Auswürfe erfolgten, welche mit den senkrechten gleichzeitig stattfanden. Von der in Dickson's Bericht erwähnten, $^1/_2$ englische Meile langen, südwestlich gerichteten Spalte war nichts zu sehen.«

»Der südliche Krater des Cerro negro ist sehr regelmässig gebildet, seine Umwallung ist, soweit sie in ihrer ursprünglichen Gestalt erhalten ist, kreisrund; der Durchmesser gegen 100 *m*; ein kleiner runder Kraterboden befindet sich in etwa 530 *m* Höhe. Die Scheidewand zwischen dem nördlichen und südlichen Krater mag 550 *m* an der tiefsten Stelle besitzen; sie ist zum grossen Teile weiss angeflogen. Der nördliche Krater ist etwas weniger regelmässig gebildet und besitzt infolge kürzlich erfolgter Abrutsche von der östlichen Umwallung her auch keinen eigentlichen Kraterboden; gegenüber der schwarzen Farbe der Schlacken im südlichen Krater herrschen im Innern des nördlichen Kraters rote Farbentöne vor, da und dort unterbrochen von weissen Effloreszenzen. Derselbe ist also der Schauplatz des Ausbruches vom November 1867, während der Südkrater im April 1850 sich gebildet hat. Der Cerro negro ist das Südende einer ausgezeichneten vulkanischen Spalte, welche auf $2^1/_4$ *km* Länge neun in gerader Linie aufeinander folgende Kraterchen hervorgebracht hat, während die übrigen parasitischen Vulkankegelchen des Pilas keine Anordnung in bestimmten Linien (Spalten) verraten.«

»Der höchste Gipfel des Pilas (1150 *m*) befindet sich nordwestlich vom Mittelpunkte des ausgedehnten Kraters, dessen Durchmesser Sapper durch halbseitige Umwanderung zu 500 *m* bestimmte. Der tiefste Punkt der felsigen Umwallung liegt südöstlich (1100 *m*). Die Tiefe des Kraters ist gering, aber wegen der allenthalben herrschenden Waldbedeckung sind die Niveaueinzelheiten des Kraterbodens nicht sicher zu erkennen. Nahe seinem Südende befindet sich exzentrisch ein grossartiger Felskrater von vielleicht 100 *m* Durchmesser und vielleicht 150 *m* Tiefe. Den Mantel des Pilas bilden grosse lockere, oft schlackige Lavablöcke, welche äusserlich oft grosse Schmelzspuren (infolge von Blitzwirkung?) zeigen. Eine vom Gipfel des Pilas mitgebrachte Gesteinsprobe ist als vitrophyrischer Andesit bestimmt worden. Im Nordosten erblickt man einen etwas gekrümmten, nach Südwesten steil abfallenden Berggrat, den Dr. Mierisch als Überrest eines alten Ringwalles erkannt hat. Derselbe scheint nicht genau konzentrisch mit dem jetzigen Pilas-Krater zu liegen; vielmehr scheint das Eruptionszentrum in ungefähr südwestlicher Richtung gewandert zu sein.

Westsüdwestlich vom Pilas erblickt man einen grossen, kreisrunden Felskrater, dessen Wände senkrecht nach der Tiefe abfallen, während die Abdachung nach aussen hin eine sehr flache ist. Die

Existenz dieses tiefen Felskraters neben dem grossen Hauptkrater dürfte dem Berge seinen Namen Las Pilas, »die Becken«, gegeben haben.«

Die Vulkangruppe des Idjènplateaus im östlichen Java ist von J. F. Niemeyer besucht und geschildert worden.[1]) Der südöstliche Fuss des Plateaus, sowie das nördliche Vorland zwischen Pradjekan und den Kalkhügeln von Sitoebondo ist grösstenteils eine dürre Steppe. Einige Teile sind mit dünn gesäeten Sträuchern und Gräsern bewachsen, andere ganz pflanzenleer und wahre Wüsteneien, wo der trockene, vulkanische Tuff bei jedem Schritte der Pferde aufstäubt. Diese Unfruchtbarkeit wird durch den geringen Regenfall verursacht. Kein einziger Bach empfängt hier während des Ostmonsuns einen Tropfen Wasser, und auch der Westmonsun ist nirgends so regenarm.

Die untern Teile der Abhänge des Idjènplateaus weisen nur flache Bachbetten auf, höher oben aber erscheinen die Gehänge von zahlreichen tiefen Rinnen gefurcht, zwischen denen Rücken hinziehen. Je höher man kommt, desto tiefer werden die Rinnsale, und da ihnen nun nirgends Wasser fehlt, bergen sie eine immer dichtere Vegetation. Auch die Rücken, welche anfangs ganz kahl sind, erscheinen höher hinauf mit Buschwerk bestanden.

Das Zentrum des Idjènberglandes bildet eine Hochfläche, einen grossen Kraterzirkus, welcher von thätigen und erloschenen Vulkanen umgeben ist. An der Ostseite erheben sich der Ringgih (1992 *m*), der Merapi (2120 *m*) und der Ranti (2618 *m*), auf der gegenüberliegenden Seite in einem Abstande von 15 *km* der Djampit (2338 *m*), der Soeket (2929 *m*), dahinter der Raun (3332 *m*) und der Kawah Idjèn. Nur die beiden letztgenannten Vulkane sind noch thätig.

Auf dem Plateau fehlen Gefliesse und Pflanzenwuchs nicht. Den grössten Teil dieser Hochfläche entwässert der Kalisat mit seinen Zuflüssen Sempol und Blaman, welche streckenweise einen unterirdischen Lauf unter den neuen Lavaströmen haben.

Der Krater des Idjènvulkanes ist 900 *m* lang und 760 *m* breit. Seine letzte Eruption ereignete sich im Jahre 1817; bald darauf schloss sich der Kraterschlund, und es bildete sich auf dem Grunde ein lauwarmer See, auf dessen Boden sich wahrscheinlich Solfataren vorfinden. Untersuchungen des Wassers haben viel schwefelsaure Alaunerde und schwefelsaures Eisenoxyd in demselben nachgewiesen.

An der südlichen Kraterwand des Idjèn erreicht der höchste Punkt 2385 *m*. Besonders regelmässig gestaltet ist aber die nach Nordost gen Nord gekehrte Kraterwand. Alle Kraterwände sind ungemein steil und vom Regen in zahllosen Rinnen ausgewaschen;

[1]) Tijdschrift van het Kon. Nederl. Aardrijkskundig Genootschap 1900. No. 5 u. 6.

an vielen Stellen haben unter dem Schutze von Lapilli in dem weichen Tuffe sich echte Erdpyramiden gebildet. Von ganz eigenartiger Wirkung ist der Anblick der Kraterwände durch ihre stufenförmige Gliederung und die bunten Farben, in die sie gekleidet sind. Man kann deutlich vier Stufen unterscheiden, die horizontal rings umher in gleicher Höhe sich hereinziehen. Unten, hart am See, ist ein steiler Abfall, an den kleine, von oben herab kommende Schuttkegel sich anlegen. Es ist dies eine aus fester Lava bestehende Stufe, deren Farben von West nach Ost zu folgende sind: rot, grau, gelblich, grün, weiss, weissgrau. Darüber liegt eine ganz senkrecht abfallende Wand, ebenfalls aus anstehender Lava bestehend, deren Farben, in derselben Richtung wie oben, sind: rötlich, gelblich, graugelb, weiss, gelb, buntrötlich, weissgelblich. Die darüber liegende Schicht ist nicht so steil, und viele kleine Schuttkegel sind an ihr angelagert. Darüber folgt dann wieder eine senkrechte Wand; hier ist alles weiss von Farbe und nur im Westen rötlich. Das sind bereits in Zersetzung vorgeschrittene Gesteine, sowie zusammengebackene Asche, Lapilli u. s. w. Die obersten Teile der Kraterwände bestehen aus horizontalen Bändern und Schichten von weisser und grauer Farbe, die miteinander wechsellagern; es sind dies die jüngsten Eruptionsprodukte, Lapilli, Sand und Asche, die folgendermassen übereinander geschichtet liegen: zu unterst eine breite weisse Schicht, darüber eine breite graue, dann wieder eine breite weisse und eine breite graue, und zuletzt zu oberst fünf schmälere weisse Bänder, wechsellagernd mit grauen.

6. Erdbeben.

Die täglichen periodischen Schwankungen des Erdbodens zu Triest nach den Aufzeichnungen eines dreifachen Horizontalpendels hat E. Mazelle studiert.[1]) Aus den von ihm berechneten Gangkurven ergeben sich für die drei Pendel einfache Schwankungen mit nur einem Maximum und einem Minimum in den Monaten April bis Oktober und doppelte tägliche Schwankungen mit zwei täglichen Maxima und Minima, die in den Wintermonaten November bis März beobachtet werden. So ergiebt sich für das in der Richtung W 60° N aufgestellte Pendel der Beginn der Neigung nach NO um 9.5^h abends, die grösste Ablenkung in dieser Richtung um 0.013″ wird um 4.7^h früh erreicht; das Pendel kehrt um 8.9^h vormittags in die Normallage zurück und erreicht die grösste Ablenkung nach SW mit 0.011″ um 1.1^h nachmittags. Im Winter ist die Schwankung mit der doppelten Periode komplizierter, und die Amplituden sind bedeutend kleiner. Das genannte Pendel erreicht seine grösste Ablenkung nach NO um 6.2^h vormittags und 4.2^h nachmittags, die

[1]) Wiener akadem. Anzeiger 1900. p. 149.

grösste Neigung nach SW um 11.4^h vormittags und 10.4^h abends, der grösste Wert beträgt nur 0.002″.

Die für die einzelnen Monate berechneten Sinusreihen zerlegen die beobachtete tägliche Schwankung aller drei Pendel in die einzelnen Komponenten, woraus zu entnehmen ist, dass die Schwankung mit 24-stündiger Periodendauer, namentlich in den Sommermonaten als die Hauptkonstituente zu betrachten ist und als jene, die im Laufe des Jahres der grössten Schwankung unterworfen erscheint. Das zweite Glied der Sinusreihe, die Oszillation mit doppelter täglicher Periode, zeigt geringere Amplitude, eine kleinere jährliche Schwankung derselben und annähernd die gleichen Wendestunden durch alle Monate des Jahres.

Mazelle hat auch die Pfeilerbewegung, die sich im Laufe eines Tages infolge der periodischen Bodenschwankungen abwickelt, dargestellt und für die Sommermonate recht einfache Kurven ellipsenähnlicher Form, welche im entgegengesetzten Sinne zur Uhrzeigerbewegung durchlaufen werden, gefunden, während die Wintermonate durch besondere Schleifenbildungen kompliziert erscheinen. Schliesslich berichtet Mazelle, dass der jährliche Gang der Temperaturschwankungen eine gute Übereinstimmung zeigt mit dem Gange der Amplituden der ganztägigen Pfeilerschwankung, das Maximum vom Juni fällt auf den Juli, das Minimum in den Dezember und Januar.

Erdbebengeräusche. Genaues und ein langjähriges Studium ist von Charles Davison auf diese bis jetzt weniger beachteten Phänomene verwendet worden.[1])

Diese Geräusche werden verglichen mit dem Lärme vorüberfahrender Eisenbahnzüge und Lastwagen, mit dem Donner, dem Heulen und Pfeifen des Windes, dem Abladen von Steinladungen, dem Niederfallen von schweren Gegenständen, mit Explosionen und verschiedenen sonstigen Geräuschen. Diese Typen ändern sich nicht allein bei verschiedenen Erdbeben, sondern auch in den verschiedenen Teilen des gestörten Gebietes bei ein und demselben Erdbeben.

Zuweilen wird das Geräusch allmählich lauter und hört dann plötzlich auf; oder es beginnt intensiv und erlischt langsam; in beiden Fällen mögen subjektive Einflüsse massgebend sein, denn in der Mehrzahl der Beobachtungen hörte man das Geräusch allmählich anschwellen und dann absinken. Gewöhnlich geht die Stärke des Stosses Hand in Hand mit der des Geräusches, was namentlich bei schwachen Stössen leicht wahrnehmbar ist; doch kommen auch Ausnahmen von dieser Regel vor. Gewöhnlich behält jedes Geräusch ein und denselben Charakter und ändert sich nur in der Stärke. In der Nähe des Epizentrums kommen jedoch auch Änderungen des Charakters vor, besonders wenn das Geräusch sehr stark ist.

In einer Beziehung zeigt das Geräusch eine merkwürdige Gleichmässigkeit im ganzen Schüttergebiete, nämlich in seiner grossen Tiefe. Sonst ändert sich dasselbe zunächst im Typus indem in der Nähe des Epizentrums die Vergleichung mit Wagen vorherrscht, mit der Entfernung vom Zentrum hingegen die Zahl der Vergleiche mit dem Winde zunimmt. Mit der Entfernung nimmt natürlich auch die Intensitätsänderung (das An- und Abschwellen) ab, da die schwachen Anfänge und Enden der Ge-

[1]) Philos. Mag. 1900. Ser. 5. 49. p. 31.

räusche verschwinden; und die Änderung des Charakters ist gleichfalls auf die Nähe des Epizentrums beschränkt, wo besonders die stärksten Bodenbewegungen und Stösse von ganz eigentümlichen, reibenden Geräuschen begleitet sind. In sehr grossen Entfernungen werden die Geräusche beim Erdbeben meist wie ferner Donner gehört.

Die sehr grosse Tiefe der Erdbebengeräusche wird unter anderem auch dadurch bewiesen, dass sie, an der Grenze der Hörbarkeit für tiefe Töne liegend, von einigen Beobachtern gehört werden, von andern nicht. Dieser Unterschied zeigt sich selbst bei Personen, die sich in demselben Zimmer aufhalten, ohne dass man hierfür verschiedene Aufmerksamkeit als Erklärung anführen könnte. In gleicher Weise wird die Grenze der Hörbarkeit, die diesen Geräuschen eigentümlich ist, dadurch erwiesen, dass ein Geräusch während eines Stosses für einige Beobachter plötzlich aufhört, während andere dasselbe noch weiter hören. Auch in der Art, wie die Geräusche wahrgenommen und beschrieben werden, zeigen sich grosse Unterschiede. Alles weist darauf hin, dass die Geräusche durch ihre Tiefe an der Grenze der Wahrnehmbarkeit liegen (die für die einzelnen Personen verschieden ist).

Man kann bei jedem Erdbeben alle Orte mit gleicher Prozentzahl von Personen, welche die Geräusche hören, verbinden und erhält dadurch »isoakustische« Linien des Erdbebens, deren Verlauf Beziehungen zum Verlaufe der isoseismischen Linien erkennen lässt. In der Mehrzahl der starken und heftigen Erdbeben nimmt das Geräuschgebiet eine das Epizentrum rings umgebende Region ein, während das Erschütterungsgebiet nach jeder Richtung weit darüber hinausreicht. Bei einigen Erdbeben mässigen Grades fallen das Erschütterungs- und das Geräuschgebiet zusammen, bei vielen leichten greift sogar das Geräuschgebiet über das der Erschütterung hinaus. Endlich kommen unterirdische Geräusche ohne jede Erschütterung vor; es sind dies die unter dem Namen der Barisalguns und Mistpöffer bekannten Geräusche, deren Beziehung zu Erdbeben allerdings noch zweifelhaft ist. Endlich ist zu bemerken, dass die meisten, wenn nicht alle Erdbeben zahlreiche unterirdische Geräusche bei ihren Nachstössen, namentlich im Epizentrum, aufweisen. Hieraus kann man schliessen, dass die Erdgeräusche besonders diejenigen Distrikte charakterisieren, in welchen leichte Stösse auftreten.

Eine höchst wichtige Erscheinung ist die Exzentrizität der isoakustischen Linien im Vergleiche zu den isoseismischen. Zum Nachweise dieses Verhaltens sind Erdbeben mässigen Grades besonders geeignet, und das Studium einiger englischen Erdbeben führte zu dem Ergebnisse, dass das Geräuschgebiet gegen das Erschütterungsgebiet nach der Bruchlinie hin verschoben ist.

Über die Zeitverhältnisse zwischen Geräusch und Erschütterung findet man wenig zuverlässige Angaben. Ein eingehenderes Studium der letzten englischen Erdbeben ergab, dass gewöhnlich der Beginn des Geräusches dem des Stosses vorausgeht, zuweilen aber, besonders bei schwachen Beben, mit ihm zusammenfällt. Bei schwachen Stössen fallen die Maxima beider Erscheinungen zusammen, während bei starken Stössen das Maximum des Geräusches zuweilen dem des Stosses vorangeht, mit dem es sonst zusammenfällt. Das Ende des Geräusches geht niemals dem des Stosses voraus, es fällt mit ihm zusammen oder folgt ihm zuweilen. Wenn man aus dem Beginne und dem Ende der Geräusche und Stösse ihre Dauer berechnet, so findet man, dass in der Regel die Dauer des Geräusches grösser ist als die des Stosses.

Aus diesen Thatsachen zieht Davison Schlussfolgerungen über die Entstehung der Erdbebengeräusche. Er unterscheidet bei jedem Beben drei Stadien der Bewegung: das Vorstadium mit Bewegungen von kleiner Amplitude und kurzer Periode, das Hauptstadium mit Schwingungen grösserer Amplitude und längerer Periode und das Endstadium mit schwachen Bewegungen. Bei der Erklärung der Geräusche geht Davison von der

Annahme aus, dass die Mehrzahl der nicht vulkanischen Erdbeben von dem allmählichen, aber intermittierenden Wachsen der Erdspalten herrühren; die unmittelbare Ursache der Störung ist die Reibung, welche durch das Aneinanderhingleiten der Gesteinsmassen veranlasst wird; hierbei braucht das Gleiten in der Spalte nicht auf dem ganzen Herde gleichsinnig oder im selben Momente an jedem Punkte desselben stattzufinden. Aber in der Regel wird es sicherlich nur sehr kurze Zeit andauern, und an allen Orten in der Nähe des Epizentrums muss die Dauer des merklichen Teiles eines Erdbebens hauptsächlich von der Grösse des Herdes und von der Geschwindigkeit der Erdwellen herrühren. Der Herd ist in Wirklichkeit eine zum Horizonte geneigte Fläche, die in horizontaler Richtung oft sich weit erstreckt. In seiner einfachsten Form besteht er aus einem Zentralgebiete, in dem die gegenseitige Verschiebung der Gesteinsmassen am grössten ist, und das umgeben ist von einer Region, wo die relative Verschiebung klein ist und allmählich nach den Enden hin erlischt. Von allen Teilen des Herdes gehen nun gleichzeitig Schwingungen von verschiedener Amplitude und Periode aus, die grossen und langsamen Wellen kommen meist vom zentralen Gebiete, die kleinen und schnellen Schwingungen von den an das Zentrum grenzenden Gebieten. Von diesen Randgebieten, speziell von den obern und seitlichen Rändern, gehen nach der Meinung Davison's hauptsächlich die merklichern Schallschwingungen aus.

Da die grossen Schwingungen, die vom Zentrum des Gebietes herkommen, ununterbrochen in die Schallschwingungen der Ränder des Herdes übergehen, so ist klar, dass unter den Schwingungen auch solche vorkommen müssen, welche die tiefsten Töne, die das Menschenohr wahrnehmen kann, erzeugen. Ferner leuchtet ein, dass die durchschnittliche Intensität des Geräusches allmählich zunehmen muss, bis der Stoss gefühlt wird, und, sobald dieser vorüber ist, allmählich erlöschen wird. Die grössere Amplitude der Schwingungen aus dem Zentrum des Herdes wird die Schwingungen von längerer Periode als die, welche von den Rändern kommen, hörbar machen, und so wird die Tiefe der Geräusche zu- und abnehmen mit den Intensitäten des Geräusches und Stosses. In ähnlicher Weise begreift man, dass die Stärke des Geräusches mit der des Stosses bei verschiedenen Erdbeben zunehmen wird, und dass das Geräusch bei den stärkern Stössen tiefer sein muss. Die Grösse des Schallgebietes wird bei Beobachtern von durchschnittlichem Gehörvermögen mehr von der Stärke der Randschwingungen und von den Dimensionen des Erschütterungsherdes als von denen seiner Randregionen abhängen. Die Grösse des Störungsgebietes aber hängt nur zum Teil von der Grösse des Herdes, in der Hauptsache von der Anfangsintensität der Schwingungen im Zentralgebiete ab. Im allgemeinen werden nun zwar Schallgebiet und Störungsgebiet in ihren Dimensionen zusammenfallen; aber bei sehr starken Stössen wird das Schallgebiet nur ein verhältnismässig kleiner Bezirk um das Epizentrum sein, und anderseits bei sehr leichten werden die Randgebiete im Verhältnisse zum Herdzentrum sehr gross sein und das Schallgebiet das der Erschütterung überragen. Als Grenzfall ist das gänzliche Fehlen des Herdzentrums aufzufassen, so dass nur die Geräusche übrig bleiben.

Die Schallerscheinungen, welche bei Erdbeben auftreten, dürften wichtige Daten sowohl über den Sitz als die Ursache der Bodenbewegungen geben, sobald sie genauer studiert werden, und in dieser Beziehung sind die Untersuchungen von Davison von besonderem Interesse. Im allgemeinen sind alle Erdbeben von Schallerscheinungen begleitet, doch kommen auch unterirdische Detonationen vor, ohne dass ihnen Erderschütterungen folgen. Das grossartigste, mit nichts vergleichbare Beispiel dieser Art bildet die Erscheinung, welche unter dem Namen des Gebrülles und unterirdischen Donners von Guanaxuato

auf dem mexikanischen Hochlande bekannt ist. A. v. Humboldt hat eine umständliche Beschreibung desselben gegeben. Das Getöse dauerte seit Mitternacht des 9. Januar 1784 über einen Monat. Es war, als lägen unter den Füssen der Einwohner schwere Gewitterwolken, in denen langsam rollender Donner mit kurzen Donnerschlägen abwechselte. Fast alle Einwohner verliessen vor Schrecken die Stadt, in der grosse Massen von Silberbarren angehäuft waren. Die Mutigen kehrten indessen, als sie sich an den unterirdischen Donner gewöhnt hatten, zurück und kämpften mit einer Räuberbande, welche sich inzwischen der Schätze bemächtigt hatte. Das Gebrüll verzog sich, wie es gekommen war, mit abnehmender Stärke, ohne dass an der Oberfläche oder in den 500 *m* tiefen Gruben irgend ein leises Erdbeben bemerkt worden wäre, auch hat sich die furchtbare Erscheinung nicht wiederholt. In den meisten Fällen geht, wie Davison nachgewiesen, die Stärke des Geräusches mit der Heftigkeit des Erdbebenstosses Hand in Hand. Gewöhnlich behält das Geräusch auch seinen Charakter und ändert sich nur in der Stärke. Die Beobachter vergleichen diese dumpfen Geräusche mit dem Rollen vorüberfahrender Eisenbahnzüge oder schwerer Lastwagen, mit dem Niederfallen schwerer Gegenstände, mit Explosionen, mit dem Abladen von Steinmassen, auch mit dem Heulen und Pfeifen des Windes. Bisweilen wird das Geräusch allmählich lauter und hört dann plötzlich auf, oder es beginnt sehr stark und erlischt langsam. In einer Beziehung zeigt das Geräusch, wie Davison oben erwähnt, eine merkwürdige Gleichmässigkeit in dem ganzen erschütterten Gebiete, nämlich in Rücksicht auf die grosse Tiefe seines Klanges. Sie liegt oft an der Grenze der Hörbarkeit für tiefe Töne, so dass es bisweilen von Personen vernommen wird und von andern nicht, obgleich alle sich in dem nämlichen Raume befinden. Bei einigen Erdbeben fallen die Erschütterungsgebiete und die Gebiete, in denen Geräusche vernommen werden, zusammen, in vielen Fällen, besonders von leichten Erdbeben, wird aber das unterirdische Geräusch auf einer weit grössern Fläche gehört als die Erschütterung gefühlt. Die Beobachtungen, besonders bei schwachen Erdbeben ergeben, dass das Geräusch meist dem Stosse vorhergeht, aber dies mit wichtigen Ausnahmen. Bei gewissen starken Erdbeben, besonders in Südamerika, entstand das Getöse erst nach der eigentlichen Katastrophe. Das furchtbare Erdbeben, welches am 4. Februar 1797 die Stadt Riobamba zerstörte, war von gar keinem Getöse begleitet. Diese Erdbeben waren allerdings auch sogenannte vulkanische, die von den nicht vulkanischen, welche vorwiegend in Europa auftreten, verschieden sind. Nach Davison entsteht das Erdbebengeräusch bei diesen durch das Gleiten unterirdischer Gesteinsmassen aneinander vorbei. Die Verschiebungen solcher Massen tief im Innern der Erde erzeugen die Bodenbewegungen, welche als nichtvulkanische oder tektonische Erdbeben bekannt sind. Der Herd des Vorganges wäre in der That eine unterirdische, gegen den Horizont geneigte Fläche, die sich in horizontaler Richtung oft sehr weit

erstrecken mag. Von allen Punkten dieser Fläche gehen Erschütterungswellen aus: ob aber die grossen und langsamen Wellen meist vom zentralen Gebiete, die kleinen und schnellen von den Randgebieten kommen, und diese letztern es hauptsächlich sind, welche die merklichern Schallerscheinungen bei Erdbeben hervorrufen, ist doch fraglich.

Das grosse Erdbeben von Lissabon und die Thermalquellen von Teplitz. In den zahlreichen Berichten über das grosse Erdbeben, welches am 1. November 1755 die Stadt Lissabon verwüstete, wird fast immer auch erwähnt, dass infolge dieses Erdbebens die warmen Quellen zu Teplitz in Böhmen eine Zeitlang ausgeblieben seien. Etwas Genaueres in dieser Beziehung wird selten berichtet, auch war bisher noch kein Versuch gemacht worden, die Art und Weise, wie das Erdbeben auf die böhmischen Thermen habe wirken können, klar zu machen. Nach beiden Richtungen hin ist nun eine Untersuchung von Interesse, welche Dr. Franz Suess angestellt hat.[1])

»Die Thermalquellen von Teplitz, welche durch Jahrhunderte ungestört geflossen waren, haben zur Stunde des Lissaboner Erdbebens auffallende Veränderungen gezeigt. Die Wahrheit der Angaben kann nach der Zusammenstellung verlässlicher Quellen von Herrn Prof. G. C. Laube nicht bezweifelt werden. Als thatsächlich geht aus den verschiedenen, zum Teil übertriebenen Berichten hervor, »dass am 1. November 1755 zwischen 11 und 12 Uhr Ortszeit (das ist zur Stunde des Lissaboner Erdbebens) die Hauptquelle zu Teplitz, nachdem sie vorher sich zu trüben begonnen hatte, eine kurze Zeit, einige Minuten, ganz ausblieb, dann aber, mit Ocker beladen, mit erhöhter Wassermenge hervorbrach«. Nach einzelnen, nicht näher kontrollierbaren Angaben soll auch eine vorübergehende oder dauernde Erhöhung der Temperatur eingetreten sein. Als wahrscheinlich kann angenommen werden, dass diejenigen Berichte Recht haben, welche melden, dass nach kurzer Zeit der normale Zustand wieder eingetreten war.

Der Zeitpunkt stimmt noch genauer mit dem des mutmasslichen Eintreffens der Erdbebenwelle in Teplitz, als dies Laube annimmt, wenn man als Mass der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Berechnung nicht die Ziffer von C. W. Fuchs (ca. 550 Sekundenmeter), sondern die von Jul. Schmidt gegebene (2425.8 Sekundenmeter), zu Grunde legt. Letztere Zahl hat nach vielen neuern Erfahrungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit grosser Erdbeben alle Wahrscheinlichkeit für sich. Die Mutmassung, dass die Teplitzer Stadtuhr um eine Viertelstunde zu spät gegangen wäre, wird dann überflüssig. Die kleinern Quellen von Teplitz und Schönau, sowie die übrigen nordböhmischen Thermen, waren nach Laube's Auseinandersetzungen damals in einem Zustande, dass ähnliche vorübergehende Veränderungen leicht der Beobachtung entgangen sein mussten.

Mehr oder weniger verbürgte Nachrichten zeugen von zahlreichen, ähnlichen Erscheinungen an Thermalquellen, welche auf die Wirkung gleichzeitiger Erdbeben zurückgeführt werden. Der Verlauf der Erscheinung wird in einzelnen Fällen sehr verschieden angegeben; wohl scheint es, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle eine vorübergehende Zunahme der Temperatur und der Wassermenge stattfindet. Weniger zahlreich, aber immerhin noch häufig genug sind die Nachrichten über ein vorübergehendes Ausbleiben der Thermen oder über eine Herabminderung der Wassermenge und der Temperatur. Auch werden die Erscheinungen in den verschiedensten Kombinationen geschildert.

[1]) Mitt. der k. k. geolog. Reichsanstalt in Wien 1900. No. 2. p. 55.

In einer Hinsicht steht aber die Erscheinung an den Teplitzer Thermen ganz einzig da; sie ist in bemerkenswerter Heftigkeit an einem vom Zentrum der furchtbaren Erschütterung sehr weit entfernten Punkte eingetreten, schon hart an der Grenze der direkten Wahrnehmbarkeit. Bei zahlreichen örtlichen Erdbeben am Südrande des Erzgebirges dagegen, welche auch in Teplitz wohl verspürt worden sind, haben die Thermen keinerlei Veränderung gezeigt. Letzteres ist auch in Karlsbad oft der Fall gewesen, und insbesondere haben die eingehenden Untersuchungen des Stadtgeologen J. Knett dargethan, dass keiner der Stösse des erzgebirgischen Erdbebenschwarmes vom Herbste 1897 irgend eine Wirkung auf die Karlsbader Quellen noch sonst auf eine der zahlreichen Thermen Nordböhmens ausgeübt hat.

Verf. will versuchen, diesen scheinbaren Widerspruch zu erklären und die physikalische Ursache darzulegen, derzufolge sehr entfernte und heftige Erdbeben im stande sind, Thermalquellen stärker zu beeinflussen als örtliche, schwächere Erschütterungen, wenn auch die letztern in der nähern Umgebung der Quelle selbst viel merkbarer vernommen worden sind.

Zunächst sind die häufigern und leicht erklärlichen Erscheinungen an den normalen Quellen, herrührend von Bewegungen des Grundwassers, ins Auge zu fassen. Bei heftigen Erschütterungen, welche eine wellenförmige Bewegung der Erdoberfläche hervorrufen, wird begreiflicherweise auch der Grundwasserspiegel seine selbständigen Wasserwellen entwickeln, ähnlich wie der Wasserspiegel eines grössern Beckens an der Erdoberfläche, wobei aber durch die innere Reibung und die Adhäsionswiderstände die Welle bedeutend verzögert und umgestaltet werden wird. In den Schächten der Brunnen, wo der Wasserspiegel offen zu Tage liegt, kann sich die in der Umgebung gehemmte Energie vollkommen in Bewegung umsetzen und frei entladen; es tritt die häufig beobachtete Erscheinung ein, dass das Wasser aus den Brunnenschächten hoch emporgeschleudert wird, und die Bewegung viel gewaltigere Formen annimmt, als der vielleicht geringen im Schachte angesammelten Wassermenge entsprechen würde, falls diese als in einem selbständigen Becken abgeschlossen zu betrachten wäre. — Viel häufiger sind auch bei schwächern Beben die Angaben über Veränderungen an fliessenden Quellen; und obwohl sie meistens nicht als sicher verbürgt gelten können, so kann doch kein Zweifel bestehen, dass hier und da die Wassermengen infolge von Erschütterungen getrübt werden oder auch Veränderungen der Ergiebigkeit aufweisen. Besonders häufig tritt die Meldung auf, dass intermittierende Quellen, sogenannte Hungerbrunnen infolge eines Erdbebens von neuem zu fliessen beginnen. Letzterer Fall ist am einfachsten zu erklären, und man braucht durchaus nicht zur Annahme von Veränderungen im Gefüge der Erdschichten und der Wasserläufe zu greifen. Der Grundwasserspiegel ist bekanntlich stets gegen den Ausflusspunkt geneigt, und eine gewisse Neigung abhängig von den Widerständen im Gesteine entspricht dem Gleichgewichtszustande. Wenn der Wasserzufluss zum Grundwasserreservoir nachlässt, so sinkt der Neigungswinkel allmählich auf ein Minimum, bei dem kein Ausfluss mehr stattfinden kann. Der Grundwasserspiegel ist dann zu vergleichen mit der geneigten Böschung einer Geröllhalde, und wie durch ein ruhiges Auflegen von einzelnen Geröllstücken der Neigungswinkel der Böschung bedeutend erhöht werden kann, ohne dass die Halde ins Gleiten zu kommen braucht, so kann auch bei allmählichem Zusickern der Neigungswinkel des Grundwasserspiegels viel steiler werden, als derjenige, welcher dem Stillstande der Quelle beim Einstellen des Ausflusses entspricht, ohne dass ein neuerliches Ausfliessen zustandekommt. In diesem Zustande kann eine geringe Erschütterung der Gesteinsmasse die Adhäsionswiderstände lösen und ein Herabgleiten der Wassermasse verursachen, ähnlich dem Herabrutschen von Geröllmassen an einer langsam und allmählich übersteil angehäuften Böschung. Es mag auch ein verschieden grosser Zeitraum vergehen, der natürlich abhängig ist von dem Zuflusse, den das Reservoir

erhält, bis abermals der kleinste Neigungswinkel des Grundwasserspiegels erreicht ist. Das seltenere Versiegen von Quellen infolge eines Erdbebens kann vielleicht dadurch erklärt werden, dass das Ausfliessen der Wassermasse durch kurze Zeit in einer über das normale Mass gesteigerten Geschwindigkeit vor sich geht, so dass sich nachher während der Ruhe ein Defizit im Reservoir ergiebt, und der Ausfluss stocken muss. Selbstverständlich werden zur Erklärung eines einzelnen Falles die örtlichen Verhältnisse genau erforscht werden müssen.

Beim Ausflusse einer Thermalquelle sind aber noch andere Umstände in Betracht zu ziehen. Die Wässer steigen hier in vereinzelten Spalten oder in einem Spaltensysteme aus der Tiefe empor und dringen an einem von der topographischen Gestaltung der Oberfläche abhängigen Punkte zu Tage. Dem Punkte, der zumeist in einer Depression gelegen ist, strömen in sanften Böschungen die Grundwässer der Oberfläche zu und bringen in den Spalten eine Abkühlung hervor. In den Terrainerhebungen, welche die Quelle umgeben, kann das Thermalwasser infolge der kapillaren Hemmungen zu einem höhern Niveau ansteigen als an der Quelle, so dass der Thermalwasserspiegel einen Trichter bildet, dessen tiefste Einsenkung sich an der Ausflussstelle befindet. Über diesen Trichter legt sich, durch stete Zuflüsse vom Tage her erneuert, ein Mantel von kaltem Grundwasser, der die Böschungen des Thermalwasserspiegels wiederholt, und dessen kalte Wässer gegen die Quelle abfliessen. Gelegentlich eines Erdbebens wird vielleicht unter Umständen dieses Zuströmen von wilden Wässern gegen die Quelle hin beschleunigt und so eine vorübergehende Herabminderung der Temperatur hervorgerufen.

Wo aber das Gegenteil, nämlich eine Erhöhung der Temperatur und Vermehrung der Wassermenge eingetreten ist, wie im besprochenen Falle, spielt anscheinend ein weiterer Faktor die Hauptrolle. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, dass die Geschwindigkeit, mit welcher eine Therme ausfliesst, unter anderem auch abhängig ist von dem Drucke und von der treibenden Kraft der gelösten und in der Nähe der Oberfläche frei werdenden Gase. Als Beweis für die Bedeutung der Gasdruckes für den Auftrieb kann angeführt werden die Abhängigkeit der Wassermenge mancher Thermen vom Barometerstand und das häufige Auftreten von springenden Quellen an frisch zu Tage gelegten Kohlenflözen, in welchen Fällen der Auftrieb allein dem im Wasser absorbierten Kohlensäuregase zuzuschreiben ist. Ihre extremsten Formen nimmt diese Druckwirkung bekanntlich an in den rhythmischen, explosionsartigen Ergüssen der Geysire. Die Rolle, welche hier dem Wasserdampfe zukommt, übernehmen in andern Fällen mit unvergleichlich geringerem Effekte Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und andere im Thermalwasser absorbierte Gase. In der Mehrzahl der Fälle, auch wenn das Wasser nicht direkt schäumt, wie bei Teplitzer Thermen, hat man es mit einer für die Druckverhältnisse der Oberfläche übersättigten Gaslösung zu thun, so dass wenigstens einzelne Gasblasen sich ausscheiden. Gewiss sind die Gase auch im Wasser der tiefsten Regionen des Spaltensystems vorhanden und daselbst durch den Druck der auflastenden Wassersäule festgehalten.

Es ist eine bekannte physikalische Erscheinung, dass eine Erschütterung einer übersättigten Gaslösung das Ausscheiden der Gase und das Blasenbilden ausserordentlich befördert; sie lässt sich an jeder Selterwasserflasche leicht erproben. In noch höherem Masse als bei der Bewegung der ganzen Flüssigkeitssäule tritt Gasausscheidung ein, wenn die Flüssigkeit in molekulare Schwingungen, ähnlich den Schallschwingungen, versetzt wird. Das haben die Versuche von Gernez gezeigt. Übersättigte Gaslösungen wurden in ein Glasrohr gegossen und dieses durch Reiben an der untern Fläche in tönende Schwingungen versetzt, es erfolgte sogleich eine lebhafte Blasenbildung. Ja bei bestimmten Gaslösungen war die Entwickelung von Gasblasen, sobald das Glasrohr zu tönen begann, so heftig, dass die gesamte Flüssigkeit aus dem Rohre herausgeschleudert wurde. Ähnliche Resultate,

betreffend das Ausscheiden von Gasen aus nicht gesättigten Lösungen, und zwar von Luft in Wasser, durch tönende Schwingungen haben Versuche von Lehmann und Kundt ergeben.

Das Spaltensystem der Teplitzer Thermen kann man als ein ungemein langes mit stark gesättigter Gaslösung erfülltes Rohr betrachten. Jedes Erdbeben ruft elastische Schwingungen der Gesteinsmassen hervor, welche den tönenden Schwingungen der Glassäule vergleichbar sind und eine spontane Entladung von Gasmassen, verbunden mit einem plötzlichen Aufquellen der Flüssigkeit, hervorrufen können. Das Aufquellen muss um so heftiger sein, je länger das Rohr ist. Durch die Betrachtung der folgenden Punkte wird es klar, dass sich der Vorgang in viel heftigerer Weise abspielen kann bei den Bewegungen der Erdkruste, welche ein entferntes, aber weit heftigeres Erdbeben verursacht, als bei der Erschütterung eines schwächern lokalen Erdbebens, wenn auch letztere am Beobachtungsorte vom Menschen stärker vernommen wird als jene.

1. In den neuern Erfahrungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Erdbeben und deren Zunahme mit zunehmender Entfernung vom Epizentrum hat die Theorie von A. Schmidt, welche den Wellenstrahlen nach oben konkave Bahnen zuschreibt, Bestätigung gefunden. In einer Entfernung von 2240 *km* vom Epizentrum, das ist die Entfernung zwischen Teplitz und Lissabon, — gewiss weit jenseits des Wendepunktes der Hodographenkurve — werden die Stossstrahlen, welche infolge der zunehmenden Elastizität der tiefern Erdschichten im Bogen nach oben reflektiert werden, in nahezu senkrechter Richtung emporsteigen und das Thermalspaltensystem von Teplitz bis in enorme Tiefen in Schwingungen versetzen. Bei den schwächern lokalen Beben werden hingegen die Stossstrahlenkurven nicht in so weitem Bogen gegen die Tiefe ausholen, und werden nur die obern Teile des Spaltensystems die Erschütterung erleiden; das schwingende Rohr wird kürzer und deshalb die Menge der ausgeschiedenen Gase vielleicht nicht gross genug sein, um ein merkliches Aufwallen der Therme zu verursachen.

2. Die tiefern Schichten der Erdkruste besitzen infolge des auflastenden Druckes eine höhere Elastizität, die durch die hohe Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbeben in den grössten Entfernungen nachgewiesen wird. Mit der grössern Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist eine kleinere Amplitude der Schwingungen verbunden; und es mögen dieselben dadurch in ihren Wirkungen auf die übersättigte Gaslösung den wirksamern Schallschwingungen näher stehen als die stärkern Ausschläge an der Oberfläche, welche den eigenen Elastizitätsverhältnissen der obersten Erdschichten entsprechen und für den Beobachter weit fühlbarer sind als die Bewegungen in tiefen Schächten oder in Bergwerken. So mögen auch die anders gearteten Schwingungsformen, welche bei entfernten Erdbeben in den tiefern Regionen ihren Einfluss auf die Therme ausüben, das Aufquellen derselben begünstigen.

3. Der bedeutsamste Punkt, welcher zu gunsten der stärkern Wirkung eines entfernten Bebens spricht, ist die Dauer der Bewegung. Im Zentrum eines Bebens werden, wie man annimmt, verschiedene Formen von Schwingungen, longitudinale und transversale Wellen erzeugt, welche nach physikalischen Gesetzen sehr verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeiten besitzen; in dem unvollkommenen, elastischen Medium dürften auch die verschiedenen Amplituden die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen beeinflussen, dazu kommen noch vielleicht mannigfache Reflexionen an Gesteinsklüften, und so erklärt sich die an den empfindlichen Seismometern allgemein erkannte Thatsache, dass die Erschütterungen mit zunehmender Entfernung an Dauer zunehmen, und dass z. B. ein starkes Erdbeben in Japan die Seismometer in Strassburg oder in Laibach während mehrerer Stunden in Bewegung erhalten kann. Ohne Zweifel muss bei dem Erdbeben von Lissabon die Bewegung des Bodens, wenn auch für die Einwohner nicht fühlbar, bereits durch einen längern Zeitraum angedauert haben. Einen mir vorliegenden Bericht über die Wahrnehmung des Erd-

bebens in Glückstadt, einem Städtchen bei Altona in derselben Entfernung von Lissabon wie Teplitz, kann man als eine Bestätigung des eben Gesagten betrachten, und zwar um so mehr, als er ohne Zweifel ganz ohne jede Voreingenommenheit und ohne Kenntnis der Theorie abgefasst worden ist. Er lautet:

»Die Erdbewegungen, welche man am ersten dieses Monats zu Glückstadt verspühret hat, ist auch noch an vielen Orten dieses Landes bemerket worden. Insonderheit hat man hier an eben dem Tage des Mittags zwischen 11 und 12 Uhr, in dem Eiderfluss, der die hiesige alte und neue Stadt voneinander scheidet, und der wegen des etliche Tage zuvor gehabten Ostwindes sehr niedrig gewesen, ein ganze ausserordentliche Bewegung und Brausen verspühret, und zu gleicher Zeit haben viele Menschen, welche dem Gottesdienst in der dasigen neuen Kirche beigewohnet, die ziemlich starke Bewegung der am Gewölbe besagter Kirche hangenden drey Cronenleuchter, wovon ein jeder 2000 Pfund wiegt, ganz deutlich wahrgenommen. Diese Bewegung, welche beinahe eine Stunde gedauert, ist dem Augenscheine nach von Norden nach Süden gewesen. Der über den Taufstein hangende Zierrath aber hat sich, weil er vermuthlich leichter gewesen, weit heftiger, als jene, bewegt und dabei ganz unordentlich hin und her geschwankt.«

Die schweren Kronleuchter haben sich ähnlich verhalten, wie die mit schweren Gewichten behangenen Pendelseismometer und haben wie diese eine länger andauernde Bewegung gezeigt. Die Teplitzer Thermalquellen zeigen sich nun als ein eigentümliches Seismometer für sehr entfernte Erschütterungen von unnachahmbarer Konstruktion. Die lange Dauer der Vibration hat ohne Zweifel die Gasausscheidung in hohem Grade befördert, so dass vorübergehend ein geysirähnlicher Zustand eintrat, der vielleicht das Wasser zu wiederholten Wallungen veranlasste.

Der anscheinend verlässlichste Bericht über die Erscheinung, den Laube zitiert, stammt aus den »physikalischen Betrachtungen über Erdbeben, 1756«:

»Als am 1. November 1755 gegen 12 Uhr der Bademeister nach seiner Gewohnheit das Haupt- oder Bürgerbad besichtigte, in welchem sich eben drei badende Personen befanden, und von ungefähr auf die Röhren gesehen, wo das Wasser seinen Ursprung herleitet, hat er wahrgenommen, dass solches ganz trüb gewesen, auf einmal aber ausgeblieben; kaum wenige Minuten hernach ist es aber blutrot und gewaltig dick hervorgequollen. Der Bademeister fing von diesem Wasser einige Kannen auf und brachte es dem Primator, der sich sogleich mit ihm zum Bade verfügte. Nach $^1/_4$ Stunde hatte sich das Wasser wieder völlig aufgeklärt und war dann ferner so klar und warm wie vorher, nur quoll es viel stärker, wenn nämlich sonst die abgelassenen Bäder acht Stunden Zeit zum Füllen brauchten, so wurden sie jetzt in vier Stunden vollkommen gefüllt. . . .«

Ein anderer Bericht sagt, dass das »weitberühmte mineralische Badwasser denselben Vormittag ungefähr zwischen 11 und 12 Uhr eine merkliche Veränderung erlitten und sich um das alterum tantum vermehret hat; indem dieses Wasser von dem Ursprung, wo es herausquillt, auf einmal schäumend und nachgehends sehr trüb geworden, bald darauf aber gar ausgeblieben ist. Endlich nach Verlauf etlicher Minuten kam solches wieder mit einer solchen Heftigkeit, dass es ganz dick und blutrot gewaltig herfür geschossen. Doch Nachmittag, hat sich solches wieder aufgeklärt und so vermehrt, dass . . . (wie oben).«

Schon der erste der beiden Berichte lässt vermuten, dass der Hauptwallung noch eine erste vorangegangen war, welche die vom Badewärter bei seinem Eintritte bemerkte Trübung verursacht hatte. Der zweite Bericht, dem die Aussagen einer der drei im Bade befindlichen Personen zu Grunde liegen mag, lässt nun über diese Vermutung keinen Zweifel mehr. Es mag zuerst eine Wallung der obersten Wasserschichten erfolgt sein, welche die Ockerabsätze mit sich gerissen und die Trübung hervorgerufen hatte. Der plötzliche Ausfluss hatte ein Defizit von Wasser in dem Bassin zur

Folge, an welchem schon damals zwei Ausflussöffnungen in Form von Löwenköpfen angebracht waren; es erfolgte ein vorübergehender Stillstand der Quelle. Die Blasen, welche in den grössern Tiefen der Wassersäulen zur Ausscheidung gelangt waren, benötigten einige Zeit zum Emporsteigen, und um sich zu einer entsprechenden Menge anzureichern, bis sie dem Drucke einer grössern Wassersäule gewachsen waren, und diese hinausschiebend die Hauptwallung verursachen konnten.

Ein kleine Umschau in der Erdbebenlitteratur lehrt bald, dass ähnliche Erscheinungen durchaus nicht selten beobachtet wurden; um so weniger ist ein Grund vorhanden, an dem Zusammenhange der Teplitzer Quellenstörung mit dem Lissaboner Erdbeben zu zweifeln. Hier und da wurde eine gesteigerte Gasentwickelung bemerkt, was nur als eine Bestätigung des oben Gesagten gelten kann. Die häufig berichtete Zunahme der Temperatur erklärt sich dadurch, dass bei einer plötzlichen Wallung des Wassers tiefere Wasserpartien, welche frei sind von Beimengungen des Grundwassers, zu Tage gefördert werden. Nach theoretischer Voraussetzung soll das plötzliche Freiwerden grösserer Gasmengen, ebenso wie eine rasche Verdunstung, eine Abkühlung zur Folge haben; in wie weit in den einzelnen Fällen, in denen eine Abkühlung der Thermen gemeldet wird, diesem Einflusse oder einer vorübergehend vermehrten Beimengung von wildem Wasser zuzuschreiben ist, können in dem einzelnen Falle nur genaue örtliche Untersuchungen lehren. Es ist leicht denkbar, dass an Gasen nur wenig übersättigte, ruhiger fliessende Quellen, wie die Thermen von Teplitz für den Einfluss der Vibration bedeutend empfindlicher sind, als solche, die durch beständige, reichliche Gasentwickelung sich in fortwährender kochender Bewegung finden, wie die Thermen von Karlsbad. Man kann sicher erwarten, dass die erstern die Störungen durch ein Erdbeben viel deutlicher zu erkennen geben als diese.

Nicht selten ist auch ein Einfluss entfernter, nicht vulkanischer Beben auf das Wiedererwachen der Thätigkeit von schlummernden Vulkanen behauptet worden. Wenn ein solcher Zusammenhang thatsächlich existiert, was bis heute noch nicht als erwiesen gelten kann, so kann man nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse nur auf einen ähnlichen Zusammenhang denken, wie der zwischen Erdbeben und Thermalquellen. Die Lehre von der Physik der Eruptionen schreibt den gewaltigen Auftrieb der emporsteigenden Magmen allein der Expansivkraft der durchtränkenden Liquida zu, das ist dem im Magma gelösten und unter gewissen physikalischen Bedingungen in höherem Grade frei werdenden Gase. Es scheint mir immerhin der Gedanke einer Berücksichtigung wert, dass die in tiefen Schloten angestauten Lavamassen eines Vulkanes unter gewissen Bedingungen durch das lange andauernde Erzittern bei einem entfernten, aber heftigen Erdbeben zu einem stärkern Aufkochen und zu einer anscheinend spontanen Eruption veranlasst werden können.

Das Erdbeben im Vilajet Smyrna am 21. September 1899.[1]) Der erste Stoss dauerte ungefähr 15 Sekunden und ging von SO nach NW. Die grosse Uhr der griechischen Kathedrale in Smyrna blieb sofort stehen, es war 4 Uhr nachmittags. Es ist auffallend, dass die Stadt Smyrna selbst unter diesem Erdstosse, der unter der Bevölkerung die grösste Panik hervorrief, nicht gelitten hat. Desto entsetzlicher sind die Schäden und der Verlust an Menschenleben im Vilajet. Ein zweiter schwächerer Stoss erfolgte nach 10 Uhr, und er umfasste einen grossen Teil Kleinasiens, sowie mehrere Inseln des Archipels. Horizontal zu Beginn und vertikal am Ende folgten

---

[1]) Gaea 1900. p. 57.

den ersten Stössen sechs weitere, begleitet von dumpfem, unterirdischem Donner. An mehrern Orten in der Umgebung von Smyrna wurde das Erdreich 20 *cm* bis 1 *m* 80 *cm* herausgehoben, und schwache Auswühlungen zeigen fast überall die Richtung der Erdstösse. Am verheerendsten war ihre Wirkung in der Stadt Aïdin. Mehr als 300 Häuser sind dort dem Erdboden gleich und gegen 400 Häuser halb zerstört worden. Das Entsetzen der Bevölkerung war furchtbar. Alles flüchtete in wahnsinniger Furcht ins Freie. Aus den verschütteten Häusern sind bis jetzt 52 Leichen zu Tage gefördert worden, doch sollen noch dreimal soviel Leute abgängig sein. Zwei Minarets der grossen türkischen Moscheen und die Riesenschornsteine der Maschinenfabrik Atkinson stürzten unter furchtbarem Getöse ein. Die griechische Kirche St. Haralambo und zwei Synagogen sind Trümmerhaufen. Die Brücken über den Mäander haben starke Beschädigungen erlitten oder sind, wie die Brücken zwischen Aïdin und Tchena und bei Kemer, gänzlich zerstört. In Omurlu bei Aïdin fielen die griechische Kirche und 20 Häuser ein, und zehn Menschen verloren das Leben, im Sultan-Hissar und Carabumar kamen je vier Menschen um, und mehrere Häuser stürzten ein. In Denizli und Sovudje sind die Schäden sehr bedeutend, aber glücklicherweise ist dort kein Verlust an Menschenleben zu beklagen.

In Kemer ereignete sich ein interessantes Phänomen. Die Stadt wurde vollständig entzwei gespalten und ist von der einen nach der andern Seite nicht passierbar. In Alachehir litten am meisten die von den ersten Kreuzfahrern errichteten Befestigungsmauern, welche fast vollständig eingefallen sind. Es wurden getötet in Kiosk drei Personen, in Sultan Hissar 20, Aktsche 42, Kujudjak 20, Ortaksche 50, Sarakoei 41, Jeni Bazar 18, Bezdoghan 40, Karadjaviran 11, Karassu 9, Hamzeli 17 und Perlepe 17 Personen. Aus allen diesen Orten werden grosse Verheerungen gemeldet. In Nazly wurde die Altstadt total zerstört, und in der Neustadt liegt die Hälfte der Häuser in Ruinen, wobei 47 Personen getötet und eine grosse Zahl schwer verwundet wurde. Nicht weit von Aïdin wurden die Eisenbahnschienen in einer Länge von 200 *m* 5 Fuss weggeschleudert.

Die Erdbeben im Ostindischen Archipel 1899. Nach den Mitteilungen des Kgl. niederl. meteorologischen Observatoriums zu Batavia[1]) sind folgende Tage durch Erdbeben bezeichnet:

3. Januar Timor, 11. Preanger, Residentie, 12. Ternate, 15. Preanger, 18. Preanger, 19. Ternate, 21. Preanger, 22. Amboina, 23. Amboina, 25. Amboina, 26. Benkoelen (Sumatra), 28. Amboina, 29. Amboina, 30. Benkoelen, Preanger, 31. Atjeh, Benkoelen, Palembang.

[1]) Natuurkundig Tijdschrift voor Ned.-Indië 60. afl. 2. Weltevreden 1900.

5. Februar Preanger, Bantam, 11. Amboina, 12. Preanger, 13. Amboina, Preanger, 18. Lampongsche Distrikte (Sumatra), 19. Amboina, 25. Timor, 27. Amboina, 28. Amboina.

1. März Benkoelen, 2. Palembang, Benkoelen, Amboina, 3. Celebes, 4. Celebes, 8. Amboina, 16. Amboina, 19. Palembang, Ternate, 21. Benkoelen, 23. Amboina, 24. Amboina, 27. Amboina, Banda-Inseln, 31. Pasoeroean (Java).

1. April Amboina, Banda-Inseln, 2. Amboina, Banda-Inseln, 3. Amboina, Preanger, 4. Preanger, 5. Amboina, Preanger, Palembang, 6. Benkoelen, Palembang, 11. Amboina, 12. Amboina, Banda-Inseln, Bali, 13. Bali, Banjoewangi, 18. Amboina, 21. Amboina, Ternate, Amboina, 22. Amboina, 23. Soerakarta, Amboina, Celebes, 24. Cheribon, Preanger, 25. Tapanoeli, Amboina, 26. Amboina.

1. Mai Banjoemas, Preanger, Cheribon, 2. Preanger, Amboina, Banda-Inseln, Soerakarta, 8. Preanger, 9. Preanger, 15. Preanger, Amboina, 16. Preanger, Cheribon, Bagelen, Banjoemas, Celebes, Amboina, Banda-Inseln, 20. Cheribon, Palembang, 21. Menado, 22. Preanger, 26. Preanger, Bantam, 27. Preanger, Palembang, Benkoelen, Ternate.

2. Juni Tapanoeli, 5. Amboina, 6. Tapanoeli, 8. Westen, 9. Tapanoeli, 12. Ternate, 14. Amboina, 19. Preanger, 24. Tapanoeli, 25. Menado, Preanger, Lampongs, 28. Tapanoeli, 30. Tapanoeli.

1. Juli Celebes, 6. Bantam, 9. Tapanoeli, 12. Ternate, 14. Amboina, 15. Amboina, 18. Amboina, 19. Palembang, 20. Tapanoeli, 24. Preanger, 25. Preanger, Banjoemas.

8. August Celebes, 9. Sumatras Westküste, Amboina, 10. Ternate, 11. Preanger, Ternate, 12. Amboina, 14. Amboina, Ternate, 16. Ternate, 19. Soerakarta, 21. Amboina, 22. Amboina, Ternate, 26. Preanger, 27. Amboina.

5. September Preanger, 11. Preanger, Banjoemas, Cheribon, 12. Amboina, 14. Bali, 18. Preanger, 20. Celebes, Bali, 21. Preanger, 25. Celebes, Bali, 27. Celebes, 29. Ternate, 30. Amboina, Ternate, Celebes.

1. Oktober Celebes, 2. Amboina, 6. Preanger, 7. Amboina, 14. Atjeh, 15. Timor, 16. Preanger, Sumatras Westküste, 17. Amboina, 23. Ternate, 24. Ternate, Timor, Amboina, 25. Ternate, 28. Preanger, 29. Preanger, Cheribon, 30. Celebes, Preanger, 31. Preanger.

3. November Ternate, 5. Benkoelen, Amboina, 6. Preanger, 7. Sumatras Westküste, 8. Timor, Amboina, 9. Ternate, 12. Benkoelen. Amboina, 13. Preanger, Amboina, 14. Preanger, Celebes, 15. Preanger, 16. Preanger, Cheribon, 17. Preanger, 19. Preanger, 20. Amboina, 25. Cheribon, 28. Preanger.

2. Dezember Preanger, 5. Amboina, 12. Preanger, 14. Ternate, 17. Ternate, 21. Preanger.

Das bedeutendste Erdbeben war dasjenige in der Nacht vom 29. zum 30. September auf Ceram. Es ist von den seismographischen Apparaten zu Batavia, der Insel Wight und Strassburg registriert

worden. Der Anfang zu Batavia war um 17^h 7.3^m mittl. Zeit von Greenwich. Das Epizentrum lag nach Verbeek in 128° 30′ östl. L. und 3° 10′ südl. Br. Als Zentrum des Erdbebens ergiebt sich aus den beobachteten Stossrichtungen das bergige Gebiet nahe der Bai von Elpapoeti, wo auch die Verwüstungen am schwersten waren. Von hier aus erfolgte der Stoss radial nach allen Richtungen hin, vornehmlich nach Ost und West, wahrscheinlich längs einer grossen Bruchlinie, die auch schon in der Topographie der Insel Ceram deutlich zum Ausdrucke kommt. Wir haben es hier also mit einem tektonischen Erdbeben zu thun. Ausser auf Ceram war der Stoss auch bemerkbar auf Banda, Ambon, den Kei- und Sulu-Inseln, Ternate, Halmahera und auf Celebes. Auf den südlicher gelegenen Inseln dagegen war nichts wahrzunehmen. Der Stoss selbst gehörte zu den mittelheftigen, genügte aber, um die aus losem diluvialen und alluvialen Materiale bestehenden Teile der Küste teilweise zum Sturze ins Meer zu bringen, wodurch, verstärkt durch die Schwankungen des Seebodens, infolge der plötzlichen Wasserverdrängung eine mächtige Wasserwelle von 1.7 bis 9 *m* Höhe sich unter gewaltigen Verwüstungen in das Land ergoss. Der Schaden an Menschenleben und Eigentum war ein ganz gewaltiger; es wurden getötet etwa 3852, verwundet gegen 549 Menschen, der Materialschaden beträgt etwa 238150 fl.

Statistik der japanischen Erdbeben. Über die Erdbeben des an Erschütterungen so reichen Japan ist unter Leitung des verstorbenen Prof. Sekiya ein Katalog zusammengestellt worden, der nun durch F. Omori veröffentlicht wird.[1]) Derselbe umfasst die Berichte über 1898 Erdbeben, die in 1451 Jahren, und zwar von 416 bis 1867, das Land heimgesucht haben, wobei jedes grosse Erdbeben mit seinen Nachstössen als einzelnes Beben gezählt ist. Obwohl bei einem so langen Zeitraume die Zuverlässigkeit der Angaben nicht gleich bewertet werden kann, was sich schon dadurch deutlich kenntlich macht, dass die alten Nachrichten sich vorzugsweise auf die Hauptstadt konzentrieren, so sind die statistischen Daten, welche F. Omori in einer besondern Abhandlung aus dem Kataloge ableitet, gleichwohl nicht ohne Interesse.

In dem Kataloge sind bezüglich der Intensität der Erdbeben drei Grade unterschieden: schwache Erdbeben, in denen weder Beunruhigungen der Bewohner, noch Schaden entstanden; starke Beben, welche die Bewohner aus den Häusern trieben und Durcheinanderfallen der Möbel wie Spalten in Mauern erzeugten, und zerstörende Erdbeben mit Spalten des Bodens, Einstürzen von Häusern, Verlusten an Menschenleben. Bei der Beurteilung alter Nachrichten wurden die Beben als zerstörende registriert, wenn sie

---

[1]) The Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo 1899. 11. p. 389.

als solche beschrieben waren, ferner wenn sie zwar nur als gross aufgeführt waren, aber eine sehr weite Ausdehnung und sehr zahlreiche Nachstösse gehabt hatten, und wenn sie aus entlegenen Gegenden als gross geschildert waren; hingegen wurden grosse Erdbeben aus der Hauptstadt, bei denen die Zerstörung nicht besonders erwähnt war, nur als starke gerechnet.

Die Gesamtzahl der zerstörenden Erdbeben in Japan, bis Ende 1898 gezählt, beträgt 222, von denen die ersten drei Jahrhunderte nur sehr wenige melden. Auf die Zeit bis 678 entfallen nur zwei Erdbeben. Ein Schluss auf die Häufigkeit der zerstörenden Erdbeben kann jedoch nur aus den drei letzten Jahrhunderten mit einiger Wahrscheinlichkeit abgeleitet werden; hierbei zeigt sich, dass für ganz Japan etwa in $2^1/_2$ Jahren durchschnittlich ein solches zu erwarten ist.

Die Verteilung der zerstörenden Erdbeben über das Jahr zeigt ein monatliches Maximum im August (32) und ein Minimum im Januar (10). Nach den Jahreszeiten berechnet, ergiebt sich ein Maximum (74) im Sommer und ein Minimum (45) im Winter; Frühling und Herbst stehen dem Winter ziemlich nahe. Vergleicht man mit diesem jährlichen Gange den Gang der gewöhnlichen, nicht destruktiven Erdbeben, so findet man für letztere ein Maximum im Mai und die geringste Zahl im Juni, Juli, August und September; nach Jahreszeiten zeigt der Frühling ein Maximum, der Sommer ein Minimum. Somit fällt das Minimum der gewöhnlichen Erdbeben mit dem Maximum der zerstörenden Beben zusammen.

Über die Verteilung der zerstörenden Erdbeben in historischer Zeit lassen sich Schlussfolgerungen nur schwer ableiten wegen der Ungleichmässigkeit der Berichterstattung. Gleichwohl macht sich eine auffallende Tendenz zu Gruppenbildungen geltend; so traten z. B. zwischen März 1644 und August 1649 neun zerstörende Erdbeben auf, so dass alle acht Monate durchschnittlich ein solches beobachtet wurde; zwischen 1659 und 1670 trat eins alle $12^1/_2$ Monate auf; zwischen 1853 und 1858 eins alle neun Monate, und zwischen 1889 und 1898 gab es durchschnittlich ein zerstörendes Beben alle zehn Monate. Die grösste Zahl in einem Jahre, nämlich drei, weisen die Jahre 1649 und 1662 auf.

Die geographische Verbreitung der zerstörenden Erdbeben über die japanische Inselgruppe, welche bekanntlich einen Bogen bildet, dessen Konkavität dem Japanischen Meere zugekehrt ist, lässt sich wie folgt zusammenfassen: Die Provinzen der konkaven Seite des Bogens werden fast nur durch lokale Stösse gestört, während die an der konvexen oder pazifischen Seite des Bogens oft durch grosse, nicht lokale Beben erschüttert werden, deren Ursprung im Ozean gelegen ist. Von den Provinzen des Zentralteiles der Hauptinsel werden vier: Minu, Shinauo, Shimotsuke und Iwashiro oft der Sitz lokaler, destruktiver Erdbeben, während die beiden andern Pro-

vinzen Kotsuke und Hida sehr selten von zerstörenden Erdbeben erschüttert werden.

Eine besondere Diskussion der Erdbeben von Kyoto, welche 1070 Jahre lang, von 797 bis 1867, die Hauptstadt des Landes gewesen, ergiebt gleichfalls für den jährlichen Gang der destruktiven und starken Erdbeben ein Maximum im August, ein Minimum im Februar und eins im September, während die kleinen Erdbeben ihr Maximum im März und ihr Minimum im September aufweisen.[1])

Das grosse japanische Erdbeben vom 31. August 1896 ist im Auftrage der Japanischen Regierung von Prof. Dairoko-Kikodi und Dr. N. Yamasaki an Ort und Stelle untersucht worden. Der Letztgenannte hat nun die Ergebnisse dieser Untersuchungen veröffentlicht.[2])

Im nördlichsten Teile der grossen Insel bildet die nach dem 1133 *m* hohen Gipfel genannte Bergkette Mahiru die Wasserscheide zwischen dem japanischen Meere und dem grossen Ozean. Westlich von ihr dehnt sich die mit Reisfeldern bedeckte fruchtbare Ebene des Omono-gawa aus, ostwärts fliesst der Kitakami und jenseits desselben, der Mahiru-Kette parallel, erhebt sich die Nakayama-Kette. Das fruchtbare Längsthal zwischen beiden führt den Namen das Waga-Thal. Nördlich von der Mahiru-Kette erheben sich viele vulkanische Gipfel, darunter der 1585 *m* hohe thätige Vulkan Koma-ga-take mit doppeltem Krater, sowie östlich der 2070 *m* hohe isolierte Kegel Ganju-san.

Schon 9 Tage vor der Haupterschütterung wurden einige Provinzen von Nord-Japan durch leichtere Erschütterungen des Bodens beunruhigt, auch am 31. August gingen dem Hauptstosse mehrere schwache Beben voraus, dann erfolgte die Katastrophe einige Minuten nach 5^h abends, mitteljapanische Zeit (Zeit des 135^0 östl. L. v. Gr.). Starke magnetische Störungen gingen dem Erdbeben voraus, sie traten zuerst ein an denjenigen Stationen, die dem Epizentrum am nächsten liegen, später an den entferntern.

Es ist, sagt Dr. Yamasaki, nicht gewöhnlich, dass einem grossen Erdbeben einige Erdbeben vorhergehen. Bei diesem Riku-U-Erdbeben war man durch die Anzeichen vorbereitet. Die verhältnismässig geringe Anzahl der Toten bei dieser heftigsten Katastrophe erklärt sich daraus, dass damals die Bauern zum Teil noch nicht vom Felde nach Hause zurückgekehrt waren, und viele andere Leute, die durch eine 20 Minuten vor dem grössten Stosse stattgehabte Erschütterung aus den Häusern getrieben wurden, sich noch im Freien befanden.

Es ist nicht ungewöhnlich, dass einem starken Erdbeben einige schwächere folgen, und je stärker das Hauptbeben ist, desto häufiger sind die Nachbeben. Auch das in Rede stehende Erdbeben war von vielen Nachbeben begleitet, deren Zahl und Stärke sich allmählich von Tag zu Tag verminderte. Als Ursache dieses Erdbebens hat Dr. Yamasaki zwei lange Bruchlinien entdeckt. »Bei dem grossen Mino-Owari-Erdbeben im Jahre 1891 bemerkte Prof. Kotō eine lange Bodenspalte quer durch die Zentralkette von Japan. Dieses Erdbeben war also ein typisches Querbeben. Die Spalten des Riku-U-Erdbebens gehörten zu einer andern Art. Sie liegen beiderseits längs der Gebirgsaxe der Zentralkette, und so bietet

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 15. p. 269.
[2]) Petermann's Mitteilungen 1900. p. 249.

dieses Erdbeben ein Beispiel von Längsbeben, die verhältnismässig sehr selten vorkommen. An den Aussenflügeln der beiden Bruchlinien hatte sich das Land um einige Meter gesenkt. Ich habe die Spalte an der Ostseite Kawafune-Spalte und die an der Westseite Senya-Spalte genannt, nach den Orten, an denen sie besonders gut entwickelt waren. Als Dislokationsbeben war die Erschütterung über ein weites Gebiet verbreitet, wie dies immer der Fall ist. Der Stoss war sehr heftig in den grössten Teilen der zwei Provinzen Ugo und Rikuchū. Das starke Beben pflanzte sich bis nach Hakodate im N und nach Yamagata im S fort, während es im SO bis nach Ishinomaki an die Mündung des Kitakami ging. Im SW reichte es noch weiter, bis nach Niigata am Japanischen Meer, und sogar die Stadt Nagano auf dem Hochlande von Shinano, welche ca 360 *km* von dem Epizentrum entfernt liegt, wurde in diesen Kreis einbezogen. Weniger starke und ganz schwache Erderschütterungen fanden an verschiedenen Stationen in Japan statt. Die entlegenste derselben ist Sakai bei der Stadt Matsue am Japanischen Meer, die ungefähr 800 *km* südwestwärts vom Epizentrum liegt. Die mikroskopische Bewegung war noch weiter verbreitet und wurde mit dem Rebeur'schen Horizontalpendel an verschiedenen Stationen in Europa beobachtet.«

Aus den italienischen Beobachtungen hat Prof. Omori in Tokio die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Bewegung berechnet: 13.4 *km* in einer Sekunde für die erste Welle, 6.77 *km* für die zweite Welle und 3.05 *km* für die dritte oder Hauptwelle.

Was die beiden Spalten zwischen der Mahiru-Kette und den beiderseitigen Geländen anbelangt, so bemerkt Dr. Yamasaki darüber folgendes:

»Die Kawafune-Spalte an der Ostseite der Mahiru-Kette und längs des Waga-Thales erstreckte sich ungefähr 15 *km* lang. Das Land wurde durch sie plötzlich zerrissen und in zwei Stufen geteilt, deren Niveauunterschied bis zu 2 *m* beträgt. Ein Tourist, der später hierher kommen wird und mit der Ursache dieser Landgestaltung nicht vertraut ist, könnte sie für eine Flussterrasse des Waga oder seiner Nebenflüsse halten. Die Spalte beginnt am Nordende des Thales bei Ōarasawa am Abhange eines Berges und erstreckt sich seinem Fusse entlang durch das Flachland gen S. Ebene Reisfelder waren nun in eine östliche, um 2 *m* tiefer liegende Stufe, und in eine westliche geteilt. Ein auf dem Berge entspringender Bach änderte seinen Lauf und floss nun über die gesunkenen Reisfelder hin. Die Spalte zieht sich weiter in zwischen S 10° W und S 30° W schwankender Richtung durch die Ackerfelder, Wiesen und Hügel. In einem Dorfe ging sie durch einen Fischteich, dessen sämtliche Bewohner in diesen gewaltigen Riss hineingezogen worden waren. Die Dislokation fällt gewöhnlich schroff ab und nur zuweilen ist sie sanft absteigend und bildet dann eine schiefe Ebene mit zerrissenen Abhängen. Kleine stapelförmige Verwerfungen wurden hier und da beobachtet, bei welchen die Risse immer $^1/_2$—$^3/_4$ *m* breit waren. Bei dem Dorfe Kawafune läuft die Spalte zwei Mal quer durch den Weg. In beiden Fällen verschoben sich die durchschnittenen Wegeteile voneinander. Die innere Strecke lag über 1 *m* höher und um 1 *m* ostwärts verschoben gegenüber dem äussern Flügel. Ungefähr 3 *qkm* Reisfelder in diesem Gebiet, welche früher von dem Bache Yokokawa bewässert worden waren, verloren durch die Niveauveränderung das Wasser und blieben nun gänzlich trocken. In diesem Dorfe wurde eine Hütte, unter welcher gerade die Spalte durchging, vollständig auf den Kopf gestellt, merkwürdigerweise ohne besondere Beschädigung. Die Dislokationslinie erstreckte sich weiter südwestwärts von Kawafune über den Fluss Waga-Kawa bis nach dem Takatosawayama, einem Zweige der Mahiru-Kette. An dem Fusse des Berges biegt die Spalte gegen S 70° W und dringt durch den Berg, welcher zu dicht bewaldet und zu steil ist, um die Spur der Spalte weiter zu verfolgen. Aber die Dislokation erscheint wieder an der andern Seite des Höhenzuges und zieht sich quer

durch das Nebenthal Matsukawa des Waga-Thales in genau gleicher Richtung. Sie verschwindet wieder, und nochmals findet sie sich auf dem ziemlich hohen Abhang westlich von dem Dorfe Ōta.

Die Länge des Bruches von Ōarasawa am Nordende bis Ōta im S beträgt ca. 15 *km*, und die ununterbrochene Länge zwischen Ōarasawa und Takatosawa-yama über 7 *km*. Sie kommt in beiden Richtungen weiter nicht zu Tage, aber aus den eigenartigen Veränderungen des Bodens und den Beschädigungen der Gebäude erkennen wir die unterirdische Fortsetzung des Bruches.

Die Senya-Spalte. Die an der Westseite der Mahiru-Kette entstandene gewaltige Spalte ist viel länger als die Kawafune-Spalte und spielt die interessanteste und wichtigste Rolle bei diesem Erdbeben. Ihr Nordende findet sich 1 *km* östlich von Obonai an dem Fusse des schon früher genannten Passes Sengan-oge. Sie durchquert die Landstrasse und setzt sich weiter in der Richtung S 10° W durch Wiesen und Ackerfelder fort. Die Gelände senken sich an der Westseite der Verwerfung, ganz im Gegenteil zu der Kawafune-Spalte. Der Niveauunterschied im N ist zuerst 1 *m* und steigt weiter südwestwärts bis zu 2 *m*. Die Spalte läuft durch das Dorf Mukō-Obonai, welches schrecklich zerstört wurde. Dann geht sie bei Uzumaki (Wasserwirbel) quer durch den Tama-gawa, einen grossen Nebenfluss des Omono. An dieser Stelle bildete früher der Fluss rauschende Stromschnellen, welche nicht mehr zu sehen waren, da das Flussbett am Oberlaufe sich an der Aussenseite der Dislokation befindet und sich einige Meter gesenkt hatte.

Die Spalte zieht sich an dem rechten Ufer des Flusses hin, welcher von dort südwestwärts eine ungefähr 20 *km* lange, tiefe Schlucht bildet. An diesen steilen Abhängen tritt sie nicht so deutlich hervor wie im Flachlande. Zahllose Bergstürze fanden an beiden Steilufern des Flusses statt. In Shiroiwa am Ende der Schlucht erscheint die Spalte auf einer Grasfläche wieder. Sie läuft dann quer über den Fluss und verursachte eine grosse Störung am Südufer. Von dort gen WSW zieht sie sich 25 *km* lang ohne Unterbrechung bis nach Kanezawa. Sie hält sich immer an dem Fusse der Mahiru-Kette und an dem Rande der Alluvialebene, wo die Zerstörung überall gewaltig ist. In Shiroiwa bildete sich ein parallel zur grossen Spalte laufender Riss an dem Abhange eines Hügels, und die Partie unter demselben stürzte in die Ebene hinab. Der Niveauunterschied in Konuma beträgt wenigstens $2^1/_2$ *m*, und die flachen Reisfelder an der Spalte boten ein verworrenes, wellenartiges Bild. Wo die Zerreissung nicht plötzlich war, bemerkte man oft viele Risse oder lange Reihen von Bodenerhebungen, ähnlich gewaltigen Maulwurfshügeln, auf der Grasfläche am Südufer des Sainaigawa und auf dem Hügel Ichijōji hatten sich solche Erscheinungen sehr auffallend entwickelt. Die Dörfer Ōta, Naniwa, Eitai wurden schrecklich verwüstet und letzteres brannte überdies nieder. Die Verwüstung war am grössten in dem Dorfe Senya. Eine Seite der Spalte hatte sich mehr als 3 *m* unter das Niveau der andern gesenkt, und ein Teil der höhern war infolgedessen heruntergestürzt und hatte eine Strecke des 2 *m* breiten Weges vollständig verschüttet. Reisfelder wurden durch viele grosse Risse zerstört und alle Häuser völlig zertrümmert. Die Spalte läuft südwestwärts weiter, $1^1/_2$ *km* östlich vom Städtchen Rokugō entfernt, das zum grössten Teil zerstört wurde. In Kemisawa sah man den Bodenriss nicht mehr, aber das Land hatte sich sanft abwärts geneigt. Die Spalte durchschneidet mit grossen Verwüstungen die Hauptstrasse bei einer Schule in Kanesawa. Bis dahin zieht die Dislokationslinie immer an der Grenze zwischen den Bergen und der Ebene, dann verschwindet sie vorläufig auf ungefähr 12 *km*, bis sie 1 *km* westlich vom Städtchen Yokote wieder zu Tage tritt. Von dort zieht sie durch die Mitte der fruchtbaren Ebene und bildet an einer von ihr durchschnittenen Strasse zwischen Yokote und Kakumagawa eine 1 *m* hohe Stufe. Weiter südwestwärts bemerkte ich hier

und da Spuren. In Sanbonyanagi, westlich von Yokote, war das flache Reisfeld in eine sanfte Terrasse verwandelt, während ich in Asamai, 10 *km* weiter in derselben Richtung, eine kleine, $1^1/_2$ *m* hohe Spalte durch die Landstrasse sah, und auch wellenförmige Züge auf den Ackerfeldern bemerkte. Von dort tritt der Riss nicht weiter zu Tage; aber die bemerkenswerte Thatsache, dass die stark erschütterten Stellen sich in schmalen Zonen in derselben Richtung hinziehen, lässt die weitere unterirdische Fortsetzung der Dislokation erkennen, welche sich wahrscheinlich bis nach der Grenze zwischen den beiden Provinzen Uzen und Ugo hinzieht.

Kurz zusammengefasst, erstreckt sich also die Senya-Spalte 60 *km* lang von Obonai am Nordende bis Asamai im S, in der zwischen N 20° W und N 30° W schwankenden Hauptrichtung, während die vollständig ununterbrochene grosse Spalte zwischen Shiroiwa und Kanezawa eine Länge von 25 *km* hat, manchmal mit über 3 *m* hohem Niveauunterschiede der beiden Seiten.«

Noch auf einen merkwürdigen Umstand macht Dr. Yamasaki aufmerksam. Am 23. Oktober 1894 verwüstete ein heftiges Erdbeben die Stadt Sakata und verheerte die benachbarte Diluvialebene. Jene Stadt liegt südwestlich von dem Schauplatze der Verwüstungen am 31. August 1896. Als Ursache jenes Erdbebens erkannte damals Prof. Kotō eine Dislokationslinie, die er Yadare-sawa-Spalte nannte. Sie beginnt etwas südlich von Sakata und zieht nordostwärts in der Richtung auf die Senya-Spalte hin, so dass beide auf derselben Linie liegen, welche sich von der Mündung des Mogami-gawa am Japanischen Meere bis zur Zentralkette hin erstreckt. Weiter ist merkwürdig, dass bei der Yadare-sawa-Spalte sich die Nordseite gesenkt hat, an der Senya-Spalte die nordwestliche Seite (um 1—3 *m*), eine Thatsache, die Licht auf die nähern Beziehungen beider Bodenrisse wirft. »Es ist,« sagt Dr. Yamasaki, »eine Linie lockern Gefüges, welche in der Richtung SO—ONO sich ziemlich weit in Nord-Japan erstreckt, an der früher das Shōnai-Erdbeben (1894) und später das Erdbeben im August 1896 stattfand. Die ersten Anfänge des letztern begannen am 23. August 1896, acht Tage vor dem eigentlichen Eintreten der Katastrophe; doch ein weiteres Vorzeichen ist schon das grosse Erdbeben in der Shōnai-Ebene, welches bereits zwei Jahre vorher eintrat.

Ausser der Spaltenbildung ereigneten sich auch noch Bergstürze bei dem Erdbeben am 26. August 1896, meistens in der Mahiru-Kette. Die abstürzenden Felsmassen verursachten furchtbares Getöse, ähnlich fernem Donner. In verschiedenen flachen Gegenden entstanden viele kleine Kegelchen, sogenannte Landkrater, welche von dem aus kleinen Rissen zusammen mit Wasser herausgepressten Sand und Schlamm gebildet wurden. Die Fläche der Marschlandschaft und Reisfelder war wellenartig aufgeworfen.

7. Inseln.

Über die Bären-Insel berichtet Kessler, welcher der vom Deutschen Seefischerei-Vereine ausgerüsteten Expedition in das Nördliche Eismeer als Leiter der bergmännischen und kartographischen Arbeiten beigegeben war, das Folgende: Im Südosten der Insel steigt der Jammerberg beinahe senkrecht aus den Fluten und erreicht in drei Spitzen die Höhe von 483, 497 und 536 *m*, während sich im Süden der Insel der Vogelberg bis zur Höhe von 424 *m* erhebt. Der nordwestlich und nördlich von genannten Bergen gelegene grösste Teil der Insel hat keine nennenswerten Erhebungen aufzuweisen. Nur sanft zu mässiger Höhe aufsteigende Hügel aus Kalkstein, Mergel oder kieseligen Sandsteinen umschliessen zahl-

reiche Süsswasserseen, welche dem Meere zum Teil recht ansehnliche Flüsse zusenden, so den Haussfluss, dessen Wasser zwei grossen Seen, dem Hausssee und dem Lachssee, entströmen. Das Massiv der Insel ist aus sehr festem Gesteine zusammengesetzt, welches zwei verschiedenen geologischen Perioden angehört. Während die ältern Schichten teilweise, namentlich im Süden der Insel, sehr steil aufgerichtet sind, ist das jüngere Gebirge sehr flach und regelmässig gelagert. Das ältere Gestein führt wohl einige schwarz gefärbte, bituminöse Schiefer, aber keine Steinkohle. Das Kohlengebirge des nördlichen Teiles der Bären-Insel umschliesst nur ein durch seine Mächtigkeit abbauwürdiges Flötz. An der Ostküste erreicht die Kohle in zwei Bänken eine Mächtigkeit von 0.95 *m*. Das Mittel zwischen beiden Bänken führt noch mehrere kleine Kohlenbänke und ist aussergewöhnlich fest. Diese Härte des Zwischenmittels lässt es fraglich erscheinen, ob unter den örtlichen Verhältnissen daselbst ein lohnender Bergbau möglich ist. Jedenfalls bleibt der Kohlenabbau bei dem Klima der Insel, bei dem Fehlen der Häfen für grössere Schiffe, bei der Schwierigkeit der Beschaffung ausreichender und nicht zu teurer Arbeitskräfte, vor allem aber bei der Schwierigkeit preiswerten Absatzes ein Problem, an das nur mit äusserster Vorsicht herangegangen werden kann. Alle sonstigen Erfahrungen der Expedition über Verhältnisse allgemeiner Art, wie über Klima, topographische Eigenschaften der Insel, gesundheitliche Bedingungen, besondere Beschwerden und Gefahren für die Fischerei und die Betriebe am Lande, geben in ihrer Gesamtheit ein erfreuliches Bild. Namentlich verlor die Schiffahrt in jenen Regionen viel von den Schrecken, die sie bisher in mehr geahnten, als gewussten Umrissen umschwebten.[1])

Die Insel Giglio ist vom Erzherzog Ludwig Salvator besucht und beschrieben worden.[2]) Sie ist die zweitgrösste des toskanischen Archipels und liegt zwischen 1° 31′ 12″ und 1° 35′ 17″ westl. L. und 42° 18′ 51″ bis 42° 23′ 16″ nördl. Br. Der Umkreis der Inselküste beträgt rund 25 *km*. Giglio ist gebirgig und felsig; die höchste Erhebung, die Pagana, ragt 498 *m* über dem Meere. Die Insel hat ein mildes Klima; die Hitze fängt im Juni an und währt bis um die Mitte September, wobei jedoch die Temperatur durchschnittlich nicht über 25° steigt. Anderseits fällt das Thermometer im Winter selbst bei starken Nordwinden fast nie unter Null. Schneefälle kommen auf Giglio nur selten vor, wohl aber im Oktober und November häufig Regen, den zumeist der Nordwestwind bringt. Auch starke Winde kommen häufig vor, insbesonders die Tramontana, der Ponente und der Levante, die insbesonders im Winter heftig einsetzen und im Januar ihren Höhepunkt erreichen. Ist

---

1) Geographische Zeitschrift 1900. p. 176.
2) Die Insel Giglio. Prag 1900

dieser Monat vorüber, dann stellen sich auf Giglio bald die ersten Anzeichen des kommenden Frühlings ein.

Einen eigentlichen Hafen besitzt die Insel nicht, sondern nur einige kleine Einbuchtungen, welche den heimischen Barken als Ankerplatz dienen. An manchen Stellen fallen die Ufer so steil zur See ab, dass sie unersteigbar sind. Die Insel ist stark durchfurcht und von mehrern Wildbächen (Torrente) durchzogen; doch giebt es auf derselben nicht nur Quellen mit vortrefflichem Trinkwasser, sondern auch einige eisenhaltige Quellen.

Giglio besteht, geologisch betrachtet, aus zwei in ihrer Formation ganz verschiedenen Teilen; aus der Hauptinsel und aus dem Vorsprunge des Franco, welcher durch den Torrent in der Valle dell' Ortano von der übrigen Insel getrennt ist. Die Hauptinsel ist gänzlich granitisch, während der Vorsprung aus sedimentären Gesteinen neuern Ursprunges gebildet ist.

Wo der Boden der Insel nicht gerodet ist, und wo das nackte Gestein nicht zu Tage tritt, herrscht auf Giglio der Buschwald (Macchia) vor, der sich überraschend schnell ausbreitet und auch das brachliegende Kulturland in kurzer Zeit ganz bedeckt. Auch Weideplätze und Grasflächen kommen auf der Insel vor, wo man dann zu Ende des Winters und zu Anfang des Frühlings jene kleinen und häufig sehr flüchtigen Pflanzenarten findet, welche als vorzeitige Mikroflora des Mittelmeeres bezeichnet werden können.

Noch weniger charakteristische Merkmale als die Flora bietet die Fauna Giglios, die mit jener des benachbarten Festlandes beinahe gänzlich übereinstimmt.

Die Insel besitzt nur zwei Ortschaften, und zwar Giglio Castello und Giglio Marina oder Porto. Das Hauptprodukt der Insel bildet der Wein, dessen Ernte zufolge des magern Bodens aber nicht bedeutend ist. Dagegen sind die Trauben von vorzüglicher Qualität. Der Ertrag der Weinberge wird gegenwärtig auf 5000 Quintali geschätzt.

Der auf der Insel vorkommende Granit ist weit geschätzt und findet als Baustein gute Verwendung. Er wird zumeist nach Rom und Florenz exportiert, wo er ausser als Pflasterstein auch mit Vorliebe zur Einfassung der Portale und Fenster verwendet wird. Die Steinbrüche der Canella können auch Monolithe für Säulen, sowie Blöcke von grössern Dimensionen liefern. Schon im alten Rom wusste man die vorzüglichen Eigenschaften des Granits von Giglio zu würdigen und beutete seine Brüche aus. Aber auch in Neapel findet man gleichfalls Granitsäulen aus Giglio. Die Ausfuhr von Granit wird mit etwa 100 *t* jährlich angenommen,

Der Hauptlandungsplatz auf der Insel ist Giglio Marina, wo sich auch der meiste Verkehr abspielt. Dieser Ort liegt in der Mitte der Ostküste an sandigem Strande, der auch zufolge seiner leichten Einbuchtung, sowie durch den Bau eines kleinen Molo eine ziemlich geschützte Lage besitzt und wenigstens Fischerbarken einen

gewissen Schutz gegen den Anprall der Wogen gewährt. — Giglio Castello ist auf einer Anhöhe von 400 *m* erbaut, von der man das Meer beinahe nach allen Seiten hin überblicken kann. Die Brise, welche hier fast immer weht, verschafft dem Orte eine kräftige, reine Luft und angenehme Frische. Die starke Strömung, welche durch den Kanal streicht, bewirkt es, dass die Luft rein bleibt, trotz der nahen Maremmen.

Die Insel Barbados beschrieb auf Grund englischer und amerikanischer Quellen und nach den Berichten des Kaiserl. deutschen Konsulats daselbst H. Meyer.[1])

Sie ist die östlichste von allen westindischen Inseln und daher der Ansteuerungspunkt für alle Schiffe, die von Europa oder vom Süden kommen und nach den leewärts von ihr liegenden Inseln oder nach der Nordküste von Südamerika bestimmt sind, teilweise auch noch für solche, die nach den Golfhäfen wollen. Die Insel hat die Form eines unregelmässigen Dreiecks; ihre grösste Länge liegt in nordnordwestlicher Richtung und beträgt etwa 18 Seemeilen, während ihre grösste Breite in westlicher Richtung liegt und vom Ostende bis nach der Stadt Bridgetown etwa 12 Seemeilen beträgt.

Genaue Daten über die Entdeckung der Insel sind nicht bekannt, vermutlich wurde sie zuerst von den Portugiesen um das Jahr 1600 gesehen. Im Jahre 1605 wurde sie von den Engländern in Besitz genommen und ist seit der Zeit darin verblieben.

Obwohl die Insel nur klein ist, bietet ihre Oberfläche doch mannigfache Abwechselung in Thal- und Hügelbildung wie auch in Flachland. Ein tiefes Thal durchschneidet die Insel von Bridgetown aus in beinahe östlicher Richtung und teilt sie in zwei Hälften, von denen die nördliche die erheblich grössere ist.

Das Ostende der Insel ist etwa 15 bis 18 *m* hoch; das Land verbleibt flach bis ungefähr 2 Seemeilen landeinwärts, wo es höher wird. Etwa 1 Seemeile nordwestlich vom Ostende steht auf Ragged Point ein runder 29.6 *m* hoher Leuchtturm, und 3 Seemeilen westlich vom Ostende auf dem Moncrieffehügel ein Signalmast in einer Höhe von 160 *m* über dem Meeresspiegel. Etwa 3—4 Seemeilen nordwestlich vom Ostende steigt das Land unmittelbar von der Küste zu schroffen Hügeln an; 8 Seemeilen vom Nordende der Insel und fast in der Mitte zwischen ihrer Nordost- und Westküste erreicht sie im Mount Hillaby ihren Höhepunkt mit 336 *m*. Ihr Höhenrücken endigt ungefähr 4 Seemeilen südöstlich vom Nordende der Insel in dem 82 *m* hohen Gipfel Pico Teneriffe, der, aus grösserer Entfernung gesehen, wie von der Insel getrennt liegend erscheint. Von dem Höhenzuge fällt das Land nach Westen terrassenförmig ab bis zur Westküste, wobei es von tiefen Schluchten unterbrochen wird, durch die der Regen seitwärts abströmt. Zwischen dem Ostende und der Südspitze der Insel, auf der ein rot- und weissgestreifter Leuchtturm steht, ist das Land fast eben und fällt nur ganz allmählich ab bis zu den steilen Küstenabhängen.

Die höchsten Berggipfel sind bei klarem Wetter etwa 40 Seemeilen weit sichtbar.

Die Insel hatte im Jahre 1891 182306 Einwohner. Sie wird in elf Distrikte geteilt. An ihrer Spitze steht ein Gouverneur, der seinen Sitz in Bridgetown hat, der Hauptstadt der Insel. Die hauptsächlichsten Produkte, die auf der Insel erzeugt werden, sind Zucker, Baumwolle, Aloe und Arrowroot.

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1900. p. 6.

Die Nordostküste der Insel verläuft von Kitridge Point, ihrer Ostspitze, mit einer leichten Einbuchtung in nordwestlicher Richtung bis zur Nordspitze der Insel. Sie besteht aus felsigen Abhängen von 15—250 *m* Höhe, die stellenweise von sandigen Buchten oder Sandstrand unterbrochen werden. Ein Korallenriff, auf dem die See immer heftig brandet, umsäumt diese Küstenstrecke wie beinahe die ganze Insel; an dieser Seite dehnt es sich von $^1/_4$—$^1/_2$ Seemeile Entfernung vom Lande aus. Die an dieser Seite liegende und schwer zugängliche Consetbucht bietet nur Booten Schutz.

Das Nordende der Insel verläuft in der Küstenlinie zwischen Pico Teneriffe an der Nordostküste und Harrison Point an der Westküste halbkreisförmig. Zwischen den genannten beiden Punkten ist die Insel etwa $4^1/_2$ Seemeilen breit. Die Küste besteht auf dieser Strecke aus schroffen felsigen Abhängen von 12—18 *m* Höhe, und das Land ist auf der ersten Seemeile vom Nordende eben, beginnt dann aber nach Süden allmählich anzusteigen. Das Riff umsäumt diese Küstenstrecke in $^1/_2$ Seemeile Entfernung.

Die Westküste verläuft mit einigen Biegungen in südlicher Richtung. Sie ist zwischen der hohen stumpfen Huk Harrison Point und der Insel Pelican durchgängig niedrig, doch steigt das Land bald terrassenförmig bis zu dem mittlern Höhenrücken an. Die Buchten der Westküste sind sandig, aber die vorspringenden Küstenpunkte werden von gefährlichen Korallenriffen umsäumt, Harrison Point sogar bis in einer Entfernung von $^1/_2$ Seemeile davon.

Speights Town, nächst Bridgetown der bedeutendste Platz der Insel, liegt $3^1/_2$ Seemeilen südlich von Harrison Point. Vor dieser Stadt befindet sich eine Rhede, die aber von Schiffen wenig besucht wird.

James oder Holetown heisst ein kleines Dorf, das 4 Seemeilen südlich von Speights Town liegt und ebenfalls eine Rhede besitzt, die auch selten besucht wird.

Pelican- und Long Shoals. Etwa 4 Seemeilen südlich von Holetown, $1^1/_2$ Seemeile nördlich von der Pelican-Insel und $^1/_2$ Seemeile vom Lande entfernt liegen die Pelican-Untiefen. Sie sind fast ganz über Wasser, aber in 1 Kabellänge Abstand davon findet man ausserhalb derselben 9 *m* Wassertiefe. Westlich von ihnen vor der Huk Spring Garden, davon 6 Kabellängen entfernt, liegen noch einzelne Korallenstellen; auf der flachsten derselben, Long Shoal genannt, steht 7 *m* Wasser.

Pelican Island heisst das kleine niedrige felsige Inselchen, das etwa $1^1/_2$ Seemeile von der Küste entfernt liegt und die Nordgrenze der Carlislebucht bildet.

Die Südostküste verläuft vom Ostende der Insel in südwestlicher Richtung etwa 9 Seemeilen weit bis zu ihrer Südspitze, auf der ein rot- und weissgestreifter, 27.4 *m* hoher Leuchtturm steht. Das Land ist hier flach, und die etwas nach auswärts gebogene Küstenlinie besteht aus steilen Felsabhängen von 15—18 *m* Höhe, die stellenweise unterwaschen sind und in grossen Massen auf dem davor liegenden Sandstrande lagern.

Diese Küstenstrecke wird von einem fast ununterbrochenen Korallenriffe umsäumt, das sich grösstenteils in 350—550 *m* Entfernung vom Lande längs zieht.

Die Südwestküste ist niedrig und flach, aber etwas landeinwärts steigt das Land terrassenförmig an, so dass es $^1/_2$ Seemeile nördlich von Christchurch 55 *m* Höhe erreicht.

Die Bermuda-Inseln bildeten den Gegenstand einer Studie von A. E. Verill.[1]) Hiernach ist die vorherrschende Ansicht, dass diese Inselgruppe ein Korallenbau sei, durchaus irrig, vielmehr besteht sie einfach aus einem durch Lösung und Infiltration aus Muschel-

---

[1]) American Journal of Science Ser. IV. 9. p. 399.

sand entstandenen Kalkstein, der sie in allen ihren Gliedern zusammensetzt. Ihre atollähnliche Gestalt aber erhielt die Gruppe erst durch Regenauswaschung und darauf folgende Senkung. In einer sehr jungen geologischen Zeit noch ragte sie als eine zusammenhängende Insel von gegen 375 Fuss Höhe, die einen zwanzigfach so grossen Flächeninhalt als heute hatte, über den Meeresspiegel. Durch eine Senkung von 50—60 Fuss aber wandelten sich ihre Niederungen und Thäler in Sunde und Buchten um, ihre Küstenklippen dagegen in Riffe. Auch an der gesenkten und zerstückelten Insel, und vor allen Dingen auf ihrer Wetterseite (der Südseite), arbeitete die Regenerosion und mit dieser zusammen die Brandungserosion sehr kräftig, und die Riffe wurden dadurch teilweise zu nahezu vollständig ebenen Fluren abgetragen. Hinsichtlich des allgemeinen Verlaufes der Umrisslinien der Insel und Inselchen zeigen alte Karten (wie die Richard Norwood'sche von 1626) indessen annähernd das gleiche Bild wie heute. Am nachdrücklichsten bekunden die Senkung die Torfmoore mit Cederstümpfen, die bis 45 Fuss unter dem Meeresspiegel liegen, sowie die Stalaktitenhöhlen im Meeresniveau und darunter, die nur in einer höhern Lage gebildet worden sein können. Im übrigen ist es bekannt, dass den Sockel des kleinen Kalksteinarchipels ein erloschener unterseeischer Vulkan bildet, der sich als ein steiler Kegel aus Tiefen von über 4000 *m* erhebt, so wie auch die Challenger- und Argus-Bank, südwestlich von den Bermudas, Gipfel von solchen Vulkanen sind. Verhältnismässig späte Eruptionen dieser Nachbarvulkane würden auch den grossen Reichtum der Bermudas an Roterde erklären. Allerdings könnte diese Erde auch aus der Zersetzung des äolischen Kalksteines entstanden sein; die Bildung der vorhandenen bedeutenden Massen würde dann aber einen sehr langen geologischen Zeitraum erforderlich gemacht haben.

Eine neuerdings vor sich gegangene Wiederhebung des Archipels, wie sie W. N. Rice angenommen hat,[1]) hält A. E. Verill für nicht wahrscheinlich.

Die angeblichen Hebungen und Senkungen in Samoa bespricht auf Grund eigener Untersuchungen Dr. A. Krämer.[2]) Er kommt zu dem Ergebnisse, dass solche bis jetzt nicht mit Sicherheit nachzuweisen sind.

Die Seychellen schildert J. v. Zaffauk.[3]) Diese Inseln sind, gleich den Mascarenen, Amiranten, Aldabra-Inseln u. s. w., die höchsten Gipfel eines unterseeischen Rückens und können als die Reste einer einheitlichen Landmasse, die, die vorgenannten Inseln vereinigend, einstmals zwischen Madagaskar und Hindostan gelegen

---

[1]) Geology of Bermuda, Washington 1884.
[2]) Petermann's Mitteilungen 1900. p. 8.
[3]) Mitteilungen der k. k. geogr. Gesellschaft in Wien 1900. p. 163.

haben soll, angesehen werden. Die aus Granit, Granulit und Quarz bestehenden Höhenzüge der Seychellen, die gleich denen Madagaskars in meridionaler Richtung ziehen, die zahlreichen Untiefen, die die Inseln umgeben, die Strandkorallen, Beispiele aus der Tier- und Pflanzenwelt, endlich die grosse Anzahl vulkanischer Inseln im Westindischen Ozean lassen nach dem Verf. darauf schliessen, dass sich dort einst ein Kontinent befunden habe, der mit Madagaskar und vielleicht auch mit Indien in Verbindung war, der aber durch positive Niveauveränderung (Hebung des Meeresniveaus) und durch vulkanische Einwirkungen seinen Untergang gefunden habe.

Die Seychellen blieben infolge ihrer isolierten Lage lange unbekannt; den Portugiesen sollen sie im 16. Jahrhunderte bekannt gewesen sein, doch schenkten diese den gänzlich unbewohnten Inseln keine Beachtung; erst im Jahre 1744 wurden sie von Admiral Bertrand François Mahé de Labourdonnais, damaligem Gouverneur der französischen Kolonien Ile de France und Bourbon, für Ludwig XV. von Frankreich in Besitz genommen und »Labourdonnais-Inseln« benannt; die grösste der Inseln erhielt den Namen Mahé und behielt ihn auch bei, als Mahé de Labourdonnais abgesetzt und der Name der Inseln in »les Seychelles« umgeändert wurde.

Die Inseln blieben indessen noch bis zum Jahre 1768 unbewohnt, indem mit der Gründung Port Victorias die erste Ansiedelung entstand. 1794 bemächtigten sich die Engländer, die ungünstige politische Lage Frankreichs benützend, der Inseln, indem sie einige Kriegsschiffe zur Besetzung entsendeten; die definitive Übergabe an England erfolgte erst am 24. April 1811, gleichzeitig mit der von Ile de France (Mauritius).

Die Inselgruppe der Seychellen liegt zwischen dem 4. und 5.° südlicher Breite und dem 55. und 56.° östl. L. von Greenwich und besteht aus 29 Eilanden mit einem Gesamtareale von 264 *qkm*, von denen 117 *qkm* allein auf Mahé entfallen. Mahé ist die grösste Insel der Gruppe, von den übrigen sind Praslin, La Curieuse, St. Denis und das Silhuette-Island die bedeutendern; der Rest sind kleine, teilweise jetzt noch unbewohnte Eilande. Alle Inseln sind felsig, aber mit einer mehr oder weniger dicken Humusschicht bedeckt und gut bewachsen, besonders die grössern. Wo die rotbraune Erde das Gestein hervortreten lässt, da besteht es gewöhnlich aus grossen Blöcken oder bildet zackige, groteske Formen; besonders die Uferlandschaften und die höhern Bergpartien sind reich an romantischen Scenen.

Die Insel Mahé weist die höchsten Bergspitzen auf, indem ein in SN-Richtung streichender Rücken die drei 1000 *m* hohen Gipfel der »trois frères« und den kulminierenden »Morne Seychelloise« mit 1100 *m* in sich schliesst.

Die dichte, tropische Vegetation, die tief eingeschnittenen, gutbebauten Thäler, zahlreiche Quellen und Bäche, die oft in kleinen

Wasserfällen den Weg zum Meere finden, die in allen Teilen der Insel zerstreut liegenden Gehöfte der Plantagenbesitzer und die Palmhütten der ärmern Bevölkerung geben der Landschaft ein romantisches Gepräge; schmale, aber sehr gangbare Fusswege führen in das Innere und schlängeln sich in Serpentinen über den Gebirgskamm auf die andere Seite der Insel. Man findet nicht allein die schlanken Palmen, die tropischen Landschaften den Charakter geben, sondern auch dichte Laubbäume und niedere Sträucher, wie man sie in der gemässigten Zone hat — die ganze Insel gleicht einem grossen, herrlichen Garten, und gewiss jeder, der die Seychellen besucht hat, wird sie zu den schönsten Fleckchen der Erde zählen.

Die Eigenartigkeit und Schönheit der Seychellen liegt zum grossen Teile in der reichhaltigen und üppigen Flora. Die Seychellen tragen den Charakter des tropischen Afrika, haben aber mit ihren ca. 60 endemischen Arten eine eigene Inselflora.

Das Klima der Seychellen ist trotz ihrer niedern Breite sehr gesund. Der den grössten Teil des Jahres hindurch wehende SO-Passat macht den Sommer erträglich. Die von Tregarthen während eines Zeitraumes von sieben Jahren beobachteten Mittel der meteorologischen Elemente ergeben:

Luftdruck 760.5 *mm*, Temperatur 27°, Regenmenge 2400 *mm*. Im Jahre 1893 wehte an 269 Tagen SO, Gewitter wurden nur sieben beobachtet. Cyklonen reichen selten bis zu den Seychellen hinauf, da sich die im südindischen Ozeane beobachteten Sturmzentren schon weiter südlich gegen den Äquator wenden und sich dann auflösen.

Die Insel Taiwan (Formosa) bildet den Gegenstand einer zum Teil auf eigenen Anschauungen beruhenden Studie von Dr. N. Yamasaki.[1]) Die Insel hat eine Länge von 395, eine grösste Breite von 123 *km* und einen Flächeninhalt von 34 700 *qkm*. Sie ist wenig gegliedert. Nicht nur das Vorhandensein vieler alter Korallenriffe und Dünen in der Tainan-Ebene, sondern auch andere Thatsachen bieten den Beweis für die tektonische Bewegung in ganz neuer Zeit. Auf alten chinesischen Karten sehen wir, dass der Hafen Anping, welcher jetzt mit der Stadt Tainan durch ein Flachlandstück verbunden ist, auf einer kleinen Insel bis fast zu Anfang des 18. Jahrhunderts gelegen war. Man sagt auch, dass die holländischen Schiffe früher im 17. Jahrhunderte an der Mauer der Stadt Tainan anlegten, welche heute wenigstens 8 *km* von dem jetzigen Ankergrunde entfernt ist.

Die Hauptwasserscheide zieht sich vom NO-Ende durch die ganze Insel bis zur Südspitze, folgt jedoch nicht immer dem Kamme des grossen Faltengebirges, das dieselbe Richtung einschliesst. Deren höchster Gipfel ist der Mont Morrison (Niitaka-yama) 4145 *m* hoch. Westlich zieht sich eine zweite Gebirgskette und eine dritte, beide

[1]) Petermann's Mitteilungen 1900. p. 221.

im Tertiär. In Nord-Taiwan findet sich eine merkwürdige Vulkangruppe, welche ebenfalls durch Tertiärschichten emporgedrungen ist. Sie besteht aus einigen Vulkankegeln, unter denen wir zwei hervorragende Gipfel finden, den Taiton-san und den Shichiseitonsan oder Paulon-soan, und daher nennen wir diese Gruppe »die Taiton-Vulkangruppe«. Sie bildet die Nordgrenze der Taihoku-Ebene. Südöstlich ist sie von Tertiärhügeln umgeben, während im Norden ihre Abhänge allmählich sanft bis zum Meere hin sich erstrecken. Der Taiton-san (1045 *m*), welcher in der Mitte der Gruppe und an dem rechten Ufer des Tamsui-kei steht, ist ein doppelkegelförmiger Vulkan, dessen Auswürflinge hauptsächlich nach N hin zerstreut sind. Der Hafen Tamsui liegt an seinem Westfusse ebenfalls auf diesen Tuffschichten. Der Vulkan ist nicht mehr thätig, aber die dicke Schicht und grosse Ausdehnung des Lavastromes und anderer Auswürflinge, die man an den Nordostklippen wohl bemerken kann, zeigen uns seine starke Thätigkeit in frühern Zeiten. Ein anderer hoher und ziemlich vollkommen kegelförmiger Vulkan ist der Shichiseiton-san oder Paulon-soan, der 1109 *m* hoch ist. Er bildet einen abgestumpften Kegel und trägt oben einen Krater, der von einigen kleinen Gipfeln der zerbrochenen Kraterwand umgeben ist. Dieser Vulkan ist nicht unthätig wie der vorige; es giebt viele Solfataren in seiner Umgebung. Eine von ihnen, welche am Nordwestabhange ganz nahe dem Gipfel und dem Kimpoli-Passe liegt, bildet eine grosse hufeisenförmige Vertiefung, welche nicht ungeschickt mit dem Worte Seitenkrater bezeichnet wurde, und aus der Dampf- und Schwefelgase mit gewaltigem Geräusche emporgestossen werden.

Es giebt ziemlich viele heisse Quellen auf der Insel und nicht bloss im vulkanischen Gebiete. Der westlichste Teil derselben bildet eine grosse fruchtbare Ebene, die mit Städten und Dörfern bedeckt ist. Ein grosser Binnensee Taiwans ist unter den Namen »Drachensee« bekannt. Die Flüsse sind unbedeutend.

Ausser der Hauptinsel Taiwan giebt es noch verschiedene Nebeninseln. Unter ihnen spielen die Pescadores die wichtigste Rolle. Diese Gruppe besteht aus etwa 80 Inselchen und Felsen, welche westlich von Taiwan zwischen 23° und 24° N. in der Formosa-Strasse gelegen sind. Die Portugiesen nannten diese Inseln Pescadores (Fischerinseln) wegen des umfangreichen Fischfanges, welchen die Chinesen dort seit vielen Jahrhunderten betreiben. Die grösste Insel heisst Hōkō-tō (Penghu-Insel). Sie besteht aus Basalt nnd Korallenriffen. Durch die zwei nächst bedeutenden, Hakusa-to (Pehoe-Insel) oder »Weisser Sand-Insel« und Gyo-ō-tō (Fischeirnsel) wird auf ihrer Westseite eine Bucht gebildet. Diese geschützte Stelle bietet einen wichtigen Zufluchtsort in dem sturmreichen chinesischen Meere. Der Hauptort der Insel Makō oder Mekon ist ein kleiner Hafen an dieser Bucht mit ca. 3000 Einwohnern, wozu jetzt noch eine kleine japanische Besatzung kommt. Der Hafen ist tief und ruhig; dort finden sich immer einige Dampfer und chinesische Handels-

dschonken neben einer grossen Menge von Fischerbooten. Die Insel ist flach und pflanzenarm. Die höchste Erhebung beträgt nur 48 *m*.

Seit 1897 sind fünf meteorologische Stationen auf Formosa in Thätigkeit. Im südlichen Teile der Insel herrscht natürlich infolge ihrer Lage tropisches und subtropisches Klima. Ausser der geographischen Lage wird das Klima der Insel vornehmlich durch die Einflüsse des warmen Kurosiwo und der hohen Gebirgskette, die sich durch die ganze Insel von N bis S hinzieht, bedingt. Im Sommer steigt die Temperatur bis 37° in Tainan, während man im Winter Frost im Berggebiete und manchmal Schnee in Nord-Taiwan hat. Heftige Niederschläge in Nord-Taiwan und starker Wind in Hōkō-tō sind bemerkenswerte Eigentümlichkeiten.

Der kälteste Monat ist der Februar, der wärmste der Juli.

Da die Insel in dem Monsungebiete liegt, ist der Wind sehr regelmässig. Von September bis April herrschen Nord- und Ostwinde. Der Nordostmonsun ist viel stärker als der Südwestmonsun. Der bis jetzt beobachtete stärkste Wind ist der vom 30. September 1898, in Hokō-tō, der eine Geschwindigkeit von 56.4 *m* in der Sekunde hatte. Der furchtbare Cyklon oder Taifun, welcher sich zwei oder dreimal in jedem Jahre im Chinesischen Meere erhebt, beginnt oft östlich von Taiwan oder im Gebiete der Philippinen und fährt nordwärts der Ostküste von Taiwan entlang, mit seinen Zentren ungefähr 2° entfernt von der Küste.

Die Zeit und Menge der Niederschläge in Taiwan ist sehr bemerkenswert. Die winterlichen Nordostmonsune, welche über den warmen Strom, den Kurosiwo, hinwehen und reiche Feuchtigkeit mitbringen, stossen gegen hohe Gebirge in Nord-Taiwan und schlagen sie auf der Nordostseite derselben wieder nieder. So haben wir eine Regenzeit in Nord-Taiwan während dieses Monsuns. Man sagt, dass die Niederschlagshöhe in diesem Gebiete die grösste im nordöstlichen Monsungebiete ist, und besonders in Kilung, einem Hafen am Fusse des Gebirges auf der Nordseite der Insel, erreichte sie im Jahre 1898 die Höhe von 5238.4 *mm*. Ein sehr interessanter Anblick bietet sich, wenn man auf der Westseite der Zentralkette in der Entfernung die dicken Schichten der Wolken sieht, welche von O her zum Kamme emporsteigen, dann aber nur wenig weiterrücken, da die wärmere, heitere Luft der Westseite sie wieder auflöst. Die Erscheinung ist ähnlich derjenigen des »Tafeltuches« am Tafelberge Südafrikas. In Taihoku, welches an der andern Seite des Gebirges liegt und nur 40 *km* von Kilung entfernt ist, ist die Niederschlagshöhe weniger als halb so gross wie die des letztern.

Wenn der sommerliche Monsun angefangen hat, empfängt der Südwestteil der Insel mehr Niederschläge als der Nordosten. Tropische Gewitter finden häufig statt, und die Menge des Niederschlages ist dabei oft eine sehr beträchtliche.

Die Entstehungsweise der Korallenriffe

ist in jüngerer Zeit wiederholt Gegenstand der Diskussion geworden, und die einst von Darwin aufgestellte Riffbildungstheorie ist mit scharfen Waffen angegriffen, aber ebenso nachdrücklich verteidigt worden. Friedrich Dahl präzisiert den Standpunkt der Frage in einem am 19. Dezember 1899 in der Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin gehaltenen Vortrage in folgender Weise.[1]) Um die teilweise recht eigentümlichen Formen der Koralleninseln zu erklären, haben verschiedene Forscher nacheinander Theorien über deren vermutliche Bildungsweise aufgestellt. Welche von jenen Theorien die allein richtige ist, oder welche von ihnen neben andern Berechtigung hat, das lässt sich nur an der Hand eines möglichst umfassenden Thatsachenmaterials feststellen. Man muss an möglichst vielen Orten den Versuch machen, nach welcher Theorie sich die vorliegenden Bildungen am besten erklären lassen. Verf. will die wichtigsten Theorien an der Hand der von ihm im Bismarckarchipel beobachteten Thatsachen beleuchten.

Die ersten Autoren, welche sich über die Form der Korallenriffe Gedanken machten (Forster, Chamisso), wollten jene ausschliesslich und unmittelbar auf die Konfiguration des Meeresbodens zurückführen. Wenn der Rand der Riffe oft sehr steil abfällt, so sollte es sich um unterseeische Berge und Hochplateaus handeln, und wenn die Riffe und Inseln sehr oft Ringform besitzen, so glaubte man, dass die Korallen sich auf dem Rande unterseeischer Krater angesiedelt hätten. Bei dieser Erklärungsweise musste einerseits die grosse Zahl gleich hoher unterseeischer Krater auffallen, und anderseits fanden die neben den Atollen sehr häufig auftretenden, sogenannten Barrierriffe, d. h. Riffe, welche in einer gewissen Entfernung die Küsten mancher Festländer oder grössern Inseln begleiten, überhaupt keine Erklärung.

Um diesem Mangel abzuhelfen, stellte Darwin eine neue umfassende Theorie auf. Auch er ging, wie seine Vorgänger und Nachfolger, aus von der ursprünglichen Konfiguration des Bodens und suchte zu zeigen, wie sich aus einem Strandriffe durch Senkung ein Barrierriff, resp ein Atoll entwickeln könnte.

Hebungen und Senkungen hat man überall auf der Erde nachweisen können. Lässt man diese auf ein Korallenriff einwirken, so kann man drei Möglichkeiten unterscheiden: 1. Der Boden hebt sich. Dann wird das Korallenriff, das wir uns als Küstenriff denken wollen, sehr bald die Oberfläche des Wassers ereicht haben. Es wird erst bei Ebbe und dann dauernd auftauchen, die Polypen werden absterben, und das Riff wird den Küstensaum erweitern. Derartige Küstensäume, welche aus Korallenkalk mit fast unversehrten, rezenten Korallenstöcken in ihrer ursprünglichen Lage bestehen, sind weit verbreitet. Im Bismarckarchipel kennt Verf. sie z. B. bei Kabakaul. 2. Der Boden bleibt stationär. Dann werden die Korallen bis zur Oberfläche weiter wachsen und wahrscheinlich schliesslich in ihren obern Teilen absterben. 3 Der Boden senkt sich. In diesem Falle können wir wieder zwei Möglichkeiten unterscheiden. a) Entweder die Senkung erfolgt schneller, als die Korallenstöcke weiterwachsen können. Dann wird das Riff immer tiefer sinken. Schliesslich werden die Lebensbedingungen immer ungünstiger werden, die Stöcke werden immer mehr und mehr verkümmern, wie es Basset Smith für die bis 90 *m* tiefe Macclesfield-Bank nachgewiesen hat, und endlich sterben sie gänzlich ab. Auch abgestorbene Riffe kennt man. Sie werden aber meist erst entdeckt, wenn sie durch Hebung wieder der Oberfläche näher gerückt sind. b) Erfolgt endlich die Senkung nur so langsam, wie die Korallenstöcke weiter wachsen, und das wäre die letzte Möglichkeit, die neben andern gelegentlich eintreten muss,

[1]) Potonie's Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1900, No. 12. p. 136.

so wird das Riff immer stärker werden und dabei doch immer in günstiger Tiefe unter dem Meeresspiegel und lebenskräftig bleiben. In diesem letztern Falle werden sich, wie Darwin annimmt, je nach der Konfiguration des Bodens Barrierriffe oder Atolle bilden. Ist neben einem Festlande oder einer grössern Insel mit niedrigem Ufersaume ein Strandriff vorhanden, so wird der Ufersaum bei einer Senkung bald unter die Meeresfläche hinabsinken. Durch die neugeschaffene Wasserfläche ist Gelegenheit gegeben, dass sich das Riff nach dem Lande hin verbreitern kann. Es würde also ein Strandriff von grosser Ausdehnung entstehen. Derartige breite, überall kräftige Riffe kennt man indes nirgends. Man hat also Grund, anzunehmen, dass in dem genannten Falle eine andere Riffform entsteht, nämlich das Barrierriff, das durch einen mehr oder weniger breiten Kanal von der Küste getrennt wird. Man kann nämlich die Beobachtung machen, dass sich innerhalb des Riffes keine zusammenhängende kräftige Riffmasse bildet. Wohl findet man einzelne Korallenstöcke innerhalb des Riffes, auch wohl kleine Gruppen von Korallen. Diese Korallen sind aber entweder sehr kümmerlich, oder es sind besonders zarte Arten, die nur in Lagunen, d. h. im ruhigen Wasser leben. Ausnahmsweise fand Verf. freilich auch echte Korallenriffe in einem fast völlig abgeschlossenen Meeresteile. So kennt er ein Riff mitten im Hafen von Mioko, ferner kommen Riffe in den ersten Teilen der Blanchinne-Bucht vor u. s. w. In diesen Fällen aber fand er die Stöcke stets relativ klein. Sie waren so recht zum Verschlicken geeignet, während die Stöcke auf dem Korallenriffe bei Ralum meist zum Verschlicken zu mächtig waren. Die Erklärung für das geringe Wachstum im abgeschlossenen Meeresteile ist leicht gegeben. Das Wasser innerhalb des Riffes enthält immer viele Fremdkörper suspendiert, die den Korallen offenbar nachteilig sind. An Fluss- und Bachmündungen ist das Riff, das die Küste begleitet, deshalb immer breit unterbrochen. Es kommt hinzu, dass die in pelagischen Organismen bestehende Nahrung weniger gut zu dem innern Teile des Riffes gelangen kann.

Wie ein Strandriff neben einem Festlande oder einer grössern Insel nach Darwin durch Senkung des Bodens zum Barrierriffe wird, genau in derselben Weise muss es neben einer kleinen flachen Insel zum Atoll werden, sobald jene Insel unter den Meeresspiegel hinabgesunken ist.

Semper und Murray glaubten Thatsachen beobachtet zu haben, welche nicht mit der Darwin'schen Theorie vereinbar seien; als eine wichtige Thatsache der Art erschien ihnen folgende: In Gebieten mit Barrierriffen und Atollen, also nach Darwin in offenbaren Senkungsgebieten, fanden sie jüngeres vulkanisches Gestein und jüngern Korallenkalk über der Hochwasserlinie, also offenbare Zeichen einer jüngern Hebung. Sie glaubten nun, dass Hebung und Senkung in einem so eng begrenzten Gebiete nicht neben einander vorkommen könnten, und stellten deshalb eine Theorie auf, welche die verschiedenen Riffformen unabhängig von Bodensenkungen erklären sollte.

Die Semper-Murray'sche Theorie ist kurz folgende: Die Kalkschalen abgestorbener Hochseeorganismen sinken auf den Meeresboden hinab und bewirken eine langsame Erhöhung desselben. Da nun aber das Meerwasser die Fähigkeit besitzt, kohlensauren Kalk zu lösen und deshalb die Schalen um so weiter auflösen wird, je tiefer sie sinken, müssen Bodenerhebungen am Meeresgrunde stärker wachsen als ihre Umgebung und sich deshalb immer steiler gegen die Umgebung abheben. Die Erhebungen werden schliesslich so weit gewachsen sein, dass sich Korallen ansiedeln können. Die Korallen wachsen dann bis zur Oberfläche empor und sterben in den mittlern Teilen wegen unzureichender Ernährung ab. Der tote kohlensaure Kalk dieser abgestorbenen Korallen wird vom Meereswasser gelöst und von den Wellen abgewaschen. Es entsteht also in der Mitte eine Lagune, während die seitlichen Teile üppig weiter wachsen. — In ähnlicher Weise, wie das Atoll, entstehen nach den genannten Autoren die Barrierriffe durch Auflösen und Auswaschen der innern, dem Lande nähern Teile

eines Strandriffes und durch Ansiedelung neuer Korallen auf Bruchstücke, die sich am Rande losgetrennt und am äussern Abhange abgelagert haben.

In neuerer Zeit hat Agassiz noch eine weitere Theorie aufgestellt, die sich eng an die Semper-Murray'sche anschliesst, aber doch noch erheblich abweicht. Man kann seine Theorie kurz folgendermassen wiedergeben: Abgesehen von den durch die Konfiguration des Meeresbodens unmittelbar gegebenen Riffformen, entwickeln sich Atolle und Barrierriffe an der Stelle flacher Inseln und flacher Küstenstriche, aber nicht durch Senkung, sondern durch die Wirkung der Brandung. Am äussern Rande der Landmassen siedeln sich Korallen und andere Tiere an und machen diesen Rand gegen die Brandung widerstandsfähiger. Die Teile, die oberhalb der Ebbelinie liegen, werden zur Flutzeit von der Brandung weggewaschen, und da sich auf den innern Teilen wegen der ungünstigen Lebensbedingungen keine Korallen ansiedeln können, werden diese Teile immer tiefer ausgewaschen und zur Lagune. Der äussere Rand dagegen bleibt dauernd widerstandsfähig.

Steile Abstürze, wie wir sie neben Korallenriffen kennen, können nach Agassiz im Meere ebensowenig auffallen, wie auf dem Lande und an korallenfreien Küsten.

Der Haupteinwand, den Agassiz gegen die Darwin'sche Theorie geltend zu machen scheint, ist der von Rein zuerst aufgestellte: dass nämlich mächtige Korallenkalkablagerungen, wie sie die Darwin'sche Theorie notwendig voraussetzen muss, nicht bekannt seien.

Agassiz hat den Nachweis geführt, dass Korallenkalkablagerungen, die man früher für alte Riffe hielt, vielfach äolischen Ursprunges, d. h. Dünenbildungen sind. Auf Bermuda sehen wir noch heute derartige Korallensanddünen entstehen. Durch Regenwasser wird ein Teil des Kalkes gelöst und die ungelöste Masse durch die Lösung zu einem festen Gesteine verkittet.

Verf. hat in einer frühern Arbeit die Agassiz'sche Theorie nicht berücksichtigt, weil er aus seinen frühern Arbeiten entnehmen zu können meinte, dass er seiner Theorie nur eine lokale Bedeutung zuschreibe. Aus seinen neuern Arbeiten aber scheint zweifellos hervorzugehen, dass er seine Theorie unmittelbar an die Stelle früherer Theorien setzen und überall angewandt wissen will. Da muss denn allerdings auch der Versuch gemacht werden, wieweit die von Verf. im Bismarckarchipel beobachteten Thatsachen mit ihr in Einklang zu bringen sind. Gehen wir aus von den mächtigen Korallenkalkablagerungen, welche Verf. auf der Insel Uatom und namentlich an der Nordküste von Neu-Pommern am Fusse der Bainingberge beobachten konnte. Agassiz hält derartige Ablagerungen für Dünenbildungen. Nun fand Verf. aber auf Uatom 170 *m* hoch und an den Bainingbergen etwa 300 *m* hoch deutliche Korallenstöcke. Der höchste Punkt, den er in den Bainingbergen erreichte, war 570 *m*. Dort oben konnte er allerdings keine Korallen auffinden. Ob die Korallenreste, die er am Abhange fand, jungtertiär oder rezent sind, konnte er nicht mit Sicherheit entscheiden. Es ist das auch für die Frage vollkommen gleichgültig. Jedenfalls können die Korallenstöcke nicht 170 und 300 *m* hoch hinaufgeweht sein. Es müssen sich also, wenn wir Agassiz folgen, erst Dünen gebildet haben, dann muss eine Senkung eingetreten sein, die Korallen müssen sich angesiedelt haben und schliesslich, nachdem eine dünne Kruste von Korallen sich gebildet hatte, muss das Ganze sich wieder zu derselben Höhe gehoben haben. Nach der Darwin'schen Theorie würden wir mit einer Senkung und darauffolgenden Hebung auskommen. Sie würde also die Thatsachen etwas einfacher erklären. Nach Murray würden wir sogar mit der Annahme einer einmaligen Hebung auskommen; Murray nimmt nämlich an, dass mächtige Korallenkalkablagerungen sich am äussern, steilen Abhange eines Korallenriffes durch Lostrennen und Hinabstürzen der äussern Randteile und schliessliche Ansiedelung neuer Korallen auf dem Trümmerhaufen gebildet haben können.

Es kommt noch ein Punkt hinzu, der dem Verf. die Agassiz'sche

Dünentheorie für jenes Gebiet recht unwahrscheinlich macht. Der Bismarckarchipel ist sehr regenreich, und deshalb ist der Boden überall bis hart ans Meer hinunter sehr dicht bewachsen. Dünenbildungen würden dort heutzutage geradezu als etwas Unerhörtes gelten können. Das kann ja freilich früher anders gewesen sein. Immerhin aber müssten wir eine weitere willkürliche Annahme machen, während nach der Darwin'schen und Semper-Murray'schen Theorie sich alles unter den jetzt bestehenden Verhältnissen gebildet haben könnte.

Während die Korallenkalkablagerungen des Bismarckarchipels, soweit wir sie jetzt kennen, nicht mit Notwendigkeit auf die Richtigkeit irgend einer Theorie schliessen lassen, sondern nur die Agassiz'sche Theorie als unwahrscheinlich erscheinen lassen, giebt es noch andere Thatsachen, die entschieden für die Darwin'sche Theorie sprechen.

An den Küsten vieler aus Korallenkalk aufgebauten Inseln sieht man, dass das Ufer von der Brandung unterwühlt ist. Die Aushöhlung liegt normalerweise so hoch, dass auch bei Hochwasser die zurückprallenden Wellen nach oben einen weiten Spielraum haben. Nur an einer Stelle auf der Insel Kerawara fand Verf. die obere Kante der Aushöhlung unmittelbar über der Hochwasserlinie. Und trotzdem fand er das Gestein an dieser Kante nicht fester als anderswo. Er weiss diese Thatsache nicht anders zu erklären, als dass sich hier der Boden in allerjüngster Zeit gesenkt hat. Die Vermutung wurde bei ihm zur Gewissheit, als er erfuhr, dass neben dem benachbarten Teile der Insel Mioko eine Stelle jetzt von den Wellen bespült wird, die noch vor zehn Jahren ein Haus trug. Das feste Kalkgestein tritt auf der schräg nach Westen sich abdachenden Insel Mioko fast unmittelbar zu Tage und trägt die Häuser. Dass hier die obern Schichten von den Wellen weggespült sein könnten, wie Agassiz vermuten möchte, ist völlig ausgeschlossen. Zum Wegnagen des Gesteins fehlt die nötige Brandung. Jene bricht sich schon an dem vorgelagerten Barrierriffe. Es handelt sich also sicher um eine Senkung. Und durch diese Senkung ist die Lagune innerhalb des Barrierriffes in den letzten zehn Jahren verbreitert worden. Wir haben hier also mit andern Worten die Bildung eines Barrierriffes durch Senkung unmittelbar vor Augen. Was nach Darwin Theorie ist, sehen wir als Thatsache vor uns. Verf. glaubt nicht, dass ein zweiter Punkt auf der Erde bekannt ist, der einen so unmittelbaren Beweis dafür liefert, dass sich in der von Darwin vermuteten Weise ein Barrierriff bilden kann. Bemerkenswert ist noch, dass bei der kaum 7 *km* von Kerawara entfernten, weiter östlich gelegenen Insel Muarlin die durch die Brandung bewirkte Aushöhlung des Gesteins von normaler Höhe, ja Verf. möchte fast annehmen, etwas über normal hoch ist, so dass hier keine Senkung, vielleicht gar in neuerer Zeit eine weitere Hebung vor sich geht. In vollkommener Übereinstimmung mit dieser Annahme besitzt die ganze Ostseite der Neu-Lauenburg-Gruppe nur Strandriffe, während nach Kerawara hin das Strandriff allmählich in ein Barrierriff übergeht. Man sieht also, dass einer der Haupteinwände, welche Semper und Murray gegen die Darwin'sche Theorie geltend gemacht haben, unzutreffend ist.

Ob sich alle Barrierriffe in derselben Weise wie das neben Mioko hinlaufende durch Senkung gebildet haben, das ist freilich eine andere Frage, deren Beantwortung noch in weitem Felde liegt. Nur so viel steht fest: Im Bismarckarchipel liegen manche Thatsachen vor, welche sich nach der Darwin'schen Theorie leicht erklären lassen, der Semper-Murray'schen und Agassiz'schen Theorie aber mehr oder weniger zu widersprechen scheinen.

8. Das Meer.

Wirkung der Meereswogen an der Westküste Frankreichs. In Biarritz brach eine Meereswoge weit über den Strand hinweg in das Land ein und stürzte in einem Augenblicke einen eisernen

Signalturm von 45 *m* Höhe um. Dieselbe Welle fegte eine Sanddüne von $1^1/_2$ *m* Höhe fort, deren Gewicht auf 2400 Zentner geschätzt wurde. Auch in Biarritz kann man oft das Schauspiel geniessen, wie Wellen von mittlerer Grösse mit unglaublicher Leichtigkeit Steinblöcke von 40—50 *cbm* vor sich herwälzen. Überhaupt leidet fast die ganze Westküste Frankreichs in hohem Grade unter der Gewalt der Meereswellen, die Jahr für Jahr immer weiter in das Land vorzudringen und die Küstenränder zurückzudrängen scheinen. In einigen Gegenden des Landes weicht die Küste jährlich um einen vollen Meter zurück. In der Landschaft Aunis, wo die Küste aus widerstandsfähigerem Kalkboden besteht, beträgt das Zurückweichen des Strandes immerhin noch 30 *cm* in jedem Jahre. Sogar die Bretagne, deren Granitgestade wie eine Festung aus dem Meere aufragen, verliert alljährlich etwas an Boden. Hier ist es die Unterhöhlung der Felsen durch die Brandung, die auch die scheinbar für die Ewigkeit geschaffenen Granitmauern untergräbt und schliesslich zum Bruche bringt. An allen Meeresküsten herrscht ein ruheloser Kampf zwischen Meer und Land, aber an der Westküste Frankreichs bleibt der Ozean beinahe allenthalben Sieger in diesem Streite.[1])

Verschiebung der Strandlinie in Italien. Eine beträchtliche Verschiebung der Strandlinie innerhalb historischer Zeiträume wurde jüngst in Italien durch eine interessante archäologische Entdeckung recht augenfällig nachgewiesen. In der Nähe des in der Po-Niederung gelegenen Städtchens Adria stiessen Arbeiter, welche mit dem Ausgraben eines grössern Entwässerungskanals beschäftigt waren, in der Tiefe von etwa 3.5 *m* unter der Erdoberfläche auf die sehr gut erhaltenen Überreste von zwei antiken Schiffen. Wie das südlich gelegene Ravenna zur Römerzeit ein Seehafen war, so liegt Adria heutzutage beiläufig 31 *km* von der Küste entfernt, was davon herrührt, dass infolge der enormen Geschiebeablagerungen vor den nicht weit voneinander entfernten Mündungen des Po, der Etsch und der Brenta das Meer allmählich zurückgedrängt und ein freilich fast durchaus sumpfiger Streifen Landes in der angegebenen Breite neu gebildet wurde. Der Zeitraum, innerhalb dessen diese erhebliche Verschiebung der Strandlinie eingetreten ist, kann nach dem obigen kaum 2000 Jahre betragen; das Meer ist demnach an der bezeichneten Stelle um mindestens 1.5 *m* im Jahre zurückgewichen. — Von den beiden aufgefundenen Schiffen ist eines fast vollkommen erhalten, es misst 20.5 *m* in der Länge und 5 *m* in der Breite. Die zur Verbindung der Schiffshölzer verwendeten Nägel sind aus Eisen und besitzen ungewöhnlich breite Köpfe. Im Innern, sowie in der Umgebung der Schiffe fanden sich Vasen und andere Gefässe von verschiedenen Formen, ferner Waffen, Bronzen, menschliche

[1]) Umlauft's Deutsche Rundschau 1900. p. 425.

Knochen und andere Gegenstände. Die italienische Regierung hat angeordnet, dass die beiden Schiffe und die sonstigen gefundenen Gegenstände einstweilen wohl verwahrt, demnächst aber von einer Sachverständigen-Kommission näher untersucht und studiert werden sollen; später dürfte der ganze Fund irgend einem Museum einverleibt werden.[1])

Die Flutwelle in der Fundy-Bay. Genauere Angaben über die merkwürdigen Gezeitenverhältnisse in der Fundy-Bay sind durch die hydrographischen Untersuchungen der Canadian-Tidal-Survey gewonnen worden, und Dr. G. Schott hat Näheres darüber nach einem kanadischen amtlichen Berichte mitgeteilt.[2]) Diesem Berichte ist Folgendes entnommen.

»Die Fundy-Bay hat, wenn man von Bryer-Insel bis zur Cumberland-Bucht (im äussersten Nordosten) rechnet, eine Länge von etwa 250 *km* und eine Breite von 60 *km*. In St. John auf der Nordseite der Bai, sowie in Halifax an der atlantischen Küste Neu-Schottlands sind schon seit längerer Zeit Hauptpegelstationen; man wollte nun den Verlauf der Gezeitenwelle in der Fundy-Bai ermitteln und speziell, welche Häfen an der Südwestküste Neu-Schottlands in ihren Hafenzeiten einerseits mit St. John, anderseits mit Halifax in Beziehung gebracht werden müssen.

In dem untern, westwärts von St. John gelegenen Teile der Bai stellte man vier Registrierinstrumente auf, nämlich zu Yarmouth, Westport und Digby auf der Neu-Schottland-Seite, zu Campobello auf der Neu-Braunschweig-Seite.

In dem obern, engern Teile der Bai waren bei der ausserordentlichen Zunahme der Flutgrössen die Schwierigkeiten, geeignete Orte, die zugleich auch für die Schiffahrt wichtig sein mussten, auszufinden, sehr gross; man konnte nicht frei in der See liegende, fast unzugängliche Klippen wählen, anderseits aber sind an den bewohnten Plätzen, die in das Wasser hineingebauten Kais und Anlegeplätze der Schiffe nirgends so lang, dass ihr Ende bei Niedrigwasser noch vom Wasser bespült wäre: der Boden fällt vielmehr auf grosse Strecken hin trocken, und durch die an den Kais angebrachten Pegel erhält man also nicht die volle Kurve der Gezeitenbewegungen, sondern nur ein Bruchstück derselben. Übrigens ist, wie Dawson bemerkt, der gesamte Schiffsverkehr natürlich gezwungen, mit diesen mächtigen Wasserstandsänderungen zu rechnen; die Dampfer richten sich so ein, dass sie an den Kais vor Hochwasser ankommen und vor Beginn des Ebbestromes weggehen; die Segelschiffe, welche meist kleiner sind, liegen dagegen während der Ebbe ruhig an Grund, indem sie mit Hochwasser so weit am Pier heraufgehen, als ihr Tiefgang es gestattet. Der Grund besteht, abgesehen von den obersten Zentimetern weichen roten Schlammes, aus zähem Thone und ist frei von Steinen, so dass dieses Verfahren keinen Bedenken unterliegt, und bei dieser Sachlage fehlen eben auch Anlegeplätze, die zu allen Zeiten bis in das Wasser reichen.

Registrierende Flutmesser wurden aufgestellt zu Windsor und Parsboro in der Minas-Buchte, sowie zu Hopewell Cape und Moncton am Petitcodiacflusse, der ganz im Norden in die Fundy-Bai mündet. Nur an der letztgenannten Station, zu Moncton, wo auch die Sprungwelle beobachtet wurde, hat Dawson mit Erfolg den Versuch gemacht, mittels einer bis unter das Niveau des Spring-Tide-Niedrigwassers geführten Röhrenverbindung nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren alle Wasserstände an dem Flutmesser zu erhalten.

---

[1]) Verhandlungen d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1900. p. 290.
[2]) Annalen der Hydrographie 1890 p. 181 ff.

Alle die genannten Stationen sind ungefähr je vier Monate während des Sommers 1898 in Betrieb gewesen. Bis jetzt ist es unmöglich, die für die Stationen angenommenen Nullpunkte miteinander in Verbindung zu setzen, da ein Nivellelement fehlt.

Von allgemeinerem Interesse ist nun erstens die Beschreibung der Sprungwelle zu Moncton. Moncton liegt am Petitcodiacfluss, unmittelbar oberhalb des als »Bend« (»Knie«) bekannten Punktes, wo die Richtung des Flusses scharf in einem rechten Winkel umbiegt, und zwar ist Moncton 30 *km* oberhalb der Mündung des Flusses in die Fundy-Bai gelegen. Dieser ganze untere Teil des Flusslaufes kann als ein Ästuarium betrachtet werden, das seinen Charakter noch bis Salisbury Junction oberhalb Moncton beibehält und eine Gesamtlänge von etwa 55 *km* erreicht. Bei Hochwasser bildet der Fluss vor Moncton eine 800 *m* breite Wasserfläche, während bei Niedrigwasser nur ein 150—160 *m* breiter, stark strömender Wasserfaden übrig bleibt, der beiderseits von trocken fallenden Schlammbänken begrenzt ist.

Die Stelle, wo die Flut zuerst die Gestalt eines Stürmers oder einer Sprungwelle bekommt, ist Stony Creek, 13 *km* unterhalb Moncton, und die »Bore« setzt sich dann fort bis nach Salisbury Junction, so dass die Länge des Flusslaufes, auf der der Stürmer zur Beobachtung gelangt, im ganzen 38 *km* beträgt.

Zu Moncton kommt die Sprungwelle ungefähr zur Zeit der halben Tide an; sechs Stunden nach Hochwasserzeit fällt der Wasserspiegel nämlich noch durch volle drei Stunden, und allein während der nächsten drei Stunden steigt die Flut, welche eben als Sprungwelle beginnt, in äusserst rascher Weise bis zu dem nächsten Hochwasser.

Der Höchstbetrag, um den der Wasserspiegel während des Ebbestromes fällt, ist 2.6 *m* in der Stunde; dies schnelle Fallen beobachtet man in den ersten sechs Stunden nach Hochwasser; später wird dann die Abnahme der Wassertiefe so gering, dass ein zufällig an den Fluss kommender Beobachter meinen kann, der Wasserspiegel bleibe fast Stunden lang unverändert; doch fällt das Niveau vor Ankunft des Stürmers immerhin noch etwa um 10 *cm* in der Stunde.

Die ersten Beobachtungen über die Sprungwelle machte Dawson am Abende des 4. August 1898, von einem Monctoner Kai aus, der einen Überblick über den Fluss, besonders flussabwärts bis auf 4 *km*, gestattete. Es war kurz nach Vollmond, der Mond stand hoch am Himmel und war von Wolken nicht bedeckt. Eine sehr leichte Briese störte die abendliche Stille nicht, so dass man jedes Geräusch gut musste hören können. Es war Springgezeit.

Den ersten Ton der heraufkommenden Sprungwelle hörte man um $11^h 8^m$ (Ortszeit des 60. Meridians), und um $11^h 10^m$ war der Ton schon sehr deutlich, ähnlich dem eines in der Ferne fahrenden Eisenbahnzuges. Bald wuchs die Intensität des Geräusches, und man hörte jetzt das für brechende und schäumende Wellen charakteristische Brausen und Zischen, bis um $11^h 19^m$, also elf Minuten, nachdem man den ersten Ton vernommen, die Bore den Standpunkt des Beobachters erreichte.

Die Höhe der mit reissender Geschwindigkeit heraufkommenden Flut, deren Front weiss schäumte, wurde auf 0.6 bis 0.9 *m* geschätzt; die Front war nicht geradlinig, sondern hatte die Form eines geschwungenen Seiles, dessen Biegung in der Mitte sich befindet, da wo der Ebbestrom oder der Fluss die Bore trifft, dieselbe etwas zurückhaltend.

Die Geschwindigkeit des hinter der Bore folgenden Flutwassers ist dieselbe wie die der Bore, und es folgen gewöhnlich nach derselben noch einige kleinere Sprungwellen, deren Wasserhöhe einige wenige Zentimeter beträgt. Bei Tage sieht man, dass das Wasser der Sprungwelle ausnehmend schlammig, schmutzig rotbraun ist, gerade so, wie das eigentliche Flusswasser. Bei einer steifen, flussabwärts wehenden Briese kann man das Brausen der Welle erst innerhalb weniger 100 *m* Entfernung hören.

Bei Nip-Tiden kommt die Bore auch, die Höhe beträgt dann aber nur 30—40 *cm*.

Durch Beobachtungen der Zeit des Auftretens der Bore an verschiedenen Punkten des Flussbettes bei Moncton seitens mehrerer Beobachter stellte man fest, dass am 5. und 6. August 1898 die Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung des Stürmers im Durchschnitte 13.6 *km* betrug.

Interessant sind die genauen Wasserstandsbeobachtungen, die damals vom Eintritte der Bore an während einer Stunde etwa ausgeführt wurden. Wir müssen dabei scharf die eigentliche Sprungwelle von dem darnach fortgesetzt durch drei Stunden hin vor sich gehenden Steigen des Wasserspiegels während des Flutstromes trennen. Es ergiebt sich, dass das Steigen keineswegs gleichmässig vor sich geht, wie manchmal die Höhe des Wasserspiegels für eine Minute fast vollkommen unverändert bleibt, um darnach wieder sozusagen ruckweise zuzunehmen, so dass zeitweise deutliche Stufen in dem Profile zustandekommen.

Betrachtet man die Kurve für Springgezeit, so sieht man deutlich, dass die Bore selbst, die das erste steile Ansteigen des Wasserspiegels verursacht, eine Höhe von etwa 90 *cm* hatte, und rund 95 *cm* giebt Dawson auch als gute Durchschnittshöhe der Welle bei gewöhnlicher Springflut an. Von Einfluss darauf dürfte die Höhe des Niveaus sein, bis zu welchem das Wasser mit der Ebbe weggefallen ist, und diese ist naturgemäss bei verschiedenen Tiden verschieden.

Am 22. August 1892 ist eine Photographie der Sprungwelle aufgenommen worden, aus der man die Höhe zu 160 *cm* abgeleitet hat, doch bleibt es hierbei nicht ausgeschlossen, dass man die innerhalb der ersten fünf Minuten erreichte Wasserhöhe damals als Sprungwellenhöhe angenommen hat, was entschieden inkorrekt ist.

Setzen wir den Eintritt der Sprungwelle bei Moncton auf 0 Minute einer Uhr an, und das eben vor Beginn vorhandene Niveau = 0 *m*, so erhalten wir für die folgenden Uhrzeiten die nebenstehenden Wasserhöhen bei Spring- und Nip-Tide und die folgenden Zunahmen der Wasserhöhe für je fünf Minuten Zeitunterschied.

Minute	Springflut		Nipflut	
	Gesamthöhe in *cm*	Zunahme in *cm*	Gesamthöhe in *cm*	Zunahme in *cm*
0	0	—	0	—
1	92	—	42	—
2	107	—	50	—
3	120	—	65	—
4	128	—	75	—
5	136	136	81	81
10	178	42	120	39
15	226	48	141	21
20	264	38	178	37
25	306	42	204	26
30	350	44	228	24
35	375	25	255	27
40	412	37	290	35
45	440	28	312	22

Die in der ersten Minute erreichte Wasserhöhe von 92, bezw. 42 *cm* kann als Höhe der Sprungwelle angesehen werden. Nach dem Passieren

der Bore steigt das Wasser also durchschnittlich um ungefähr 7.5 bis 8 *cm* pro Minute bei Spring-Tide, um 5.5 bis 6 *cm* bei Nip-Tide.

Auf Grund der mehrmonatigen Aufzeichnungen des Flutmessers zu Moncton im Sommer 1898 lässt sich sagen, dass die Ankunft der Sprungwelle zwischen $3^h\ 1^m$ und $3^h\ 34^m$ vor Hochwasserzeit stattfindet.

Der Petitcodiacfluss ist die einzige Gegend im Gebiete der Fundy-Bai, wo eine Bore beobachtet wird; früher trat diese Erscheinung noch in dem obern Teile der Cobequid-Bucht an der Mündung des Shubenacadieflusses bei Maitland auf, seitdem jedoch die Sandbarre unterhalb dieses Ortes ihre Lage verändert hat, kommt es nicht mehr zu einer eigentlichen Bore, nur hin und wieder bricht der einsetzende Flutstrom in kleinen Wellen.«

Dr. Schott vergleicht nun diese Angaben über die Flutwelle in der Fundy-Bai mit denjenigen, welche über die Flutwelle in »Tsien-tang-kiang« in China bekannt sind[1]), wobei sich ergiebt, dass die Höhe der Springflutwelle des Petitcodiac den Vergleich mit derjenigen des Tsien-tang-Flusses nicht wohl aushalten kann. »Während nämlich in dem chinesischen Flusse die Bore eine durchschnittliche Höhe von 2.7—3 *m* und zeitweise sicher die gewaltige Höhe von 5 *m* erreicht, hat die Wassermauer in dem kanadischen Flusse nur eine Höhe von knapp 1 *m*. Auch ist die Schnelligkeit der Vorwärtsbewegung vergleichsweise sehr verschieden, sie beträgt etwa 20 *km* im Tsien-tang gegenüber ungefähr 14 *km* im Petitcodiac, und es werden sogar 25 *km* Geschwindigkeit vom Tsien-tang berichtet.

Der Fluthub oder die Grösse des Flutwechsels erreicht bei Haining, da wo der Stürmer des Tsien-tang stets die mächtigste Entwickelung aufweist, 5.8 *m*, in Moncton aber über 10 *m*, wie ja überhaupt das Gezeitenphänomen in der Fundy-Bai viel grossartigere Gestalt als in der Hangtshau-Bucht annimmt. Man hätte daher wohl vermuten können, dass auf dem Petitcodiac auch die Springflutwelle noch höher sein werde als auf dem Tsien-tang, doch muss man, um sich eine begründete Vorstellung davon machen zu können, warum die Bore in der Fundy-Bai nicht so ausgebildet ist wie in der Hang-tshau-Bucht, ganz genau die Bodengestaltung der in Frage kommenden Gebiete, zumal ihre Tiefen und Zugangsbreiten, vergleichen können, wozu hier das Material nicht ausreicht.«

Dr. Schott geht schliesslich auch noch kurz ein auf die Flutgrössen im Cumberland-Basin, der nordöstlichsten Bucht der Fundy-Bai. »Von hier aus ist eine Schiffseisenbahn geplant, die hinüber zur Baie Verte in den St. Lorenz-Golf führen soll. Durch die Ingenieurabteilung dieser »Chignecto Ship Railway« sind nun eingehende Beobachtungen über die Wasserstände an den beiden Endpunkten der künftigen Transportbahn angestellt worden, und diese Wasserstände sind beide auf dasselbe ideale Niveau bezogen, indem der Nullpunkt 100 englische Fuss unter der am 5. Oktober 1869 in Fort Lawrence Dock beobachteten Fluthöhe, der höchsten in der Fundy-Bai gemessenen Springfluthöhe, angesetzt ist.

Diese Wasserstandsablesungen sind um deswillen noch besonders interessant, weil im Cumberland-Basin der Fluthub am grössten ist, abgesehen von der Noël-Bai und von Horton Bluff im Minas-Basin; nach den Admiralitätslisten beträgt die Flutgrösse:

	bei Spring-Tide *m*	bei Nip-Tide *m*
in Noël-Bai	15.4	13.3
in Horton-Bluff	14.6	12.2
im Cumberland-Basin bei Sackville	13.8	11.6

[1]) Siehe hierüber »Gaea« 1897. p. 118.

Dawson veröffentlicht in graphischer Darstellung für fünf Monate des Jahres 1893 diese Pegelmessungen.

Die Grösse der mittlern Wasserstandsschwankung beträgt hiernach für das Cumberland-Basin bei Spring-Tide 13.0 *m*, bei Nip-Tide 9.4. Von dem eben genannten Nullpunkte ausgehend, findet man folgende Wasserstände:

	im Cumberland-Basin (Fundy-Bai) *m*	in der Baie Verte (St. Lorenz-Golf) *m*
bei mittlerem Hochwasser . . .	27.1	22.6
bei mittlerem Niedrigwasser . .	16.0	20.9

und endlich als mittleres Niveau für das Cumberland-Basin 21.5 *m*, für die Baie Verte 21.6 *m*; damit gelangt Dawson zu der Anschauung, dass wesentliche Differenzen der Wasserstände zwischen der Fundy-Bai und dem St. Lorenz-Golf nicht vorhanden sind.«

Lotungen in der Nähe von Island und den Färöern sind 1898 und 1899 von dem dänischen Schoner »Diana« ausgeführt worden. Nach dem von R. Hammer[1]) erstatteten Berichte ist es in den zwei Jahren gelungen, die grossen und ausgedehnten Untiefen und Fischbänke an der Ostküste Islands von Langenäs bis vor Beru-Fjord und fast alle Förden an der Ostküste zu kartieren und die Bodenverhältnisse und den Fischbestand zu untersuchen.

Dabei hat sich gezeigt, dass die Untiefen von weniger als 100 Faden Tiefe sich an mehrern Stellen 50 — 60 Seemeilen von der Küste hinaus erstrecken, dass sie aber häufig von Rinnen durchschnitten werden, welche oft bis in die Nähe des Ufers über 100 Faden tief bleiben. Auf den zwischen den Tiefen liegenden unterseeischen Rücken liegen die ausgedehnten Fischbänke, welchen Island seinen Fischreichtum verdankt. Eine genaue Kenntnis der Lage dieser Bänke ist aber von grossem Werte für die Fischerei, und mittels der neuen Karten wird den Schiffen die sichere Ortsbestimmung und Navigierung selbst dann ermöglicht sein, wenn Nebel das Land verhüllt.

Sehr erschwert wurden die Messungen durch die unruhige und unbeständige Witterung um Island, und namentlich legten die häufigen Nebel erhebliche Hindernisse in den Weg. Nach den Aufzeichnungen des dänischen meteorologischen Instituts kommen am Beru-Fjord durchschnittlich 212 Nebeltage auf das Jahr und auf die drei Sommermonate Juni, Juli und August (92 Tage) 67 Nebeltage. Der Sommer 1899 war verhältnismässig ungünstig. Im Mai waren Schneestürme häufig, und späterhin setzte eine Nebelperiode ein, welche ununterbrochen vier Wochen hindurch dauerte. In den drei Monaten, da die »Diana« den Vermessungen oblag,

[1]) Geografisk Tidskrift 15. Heft 3—4

waren nur insgesamt 9×24 Stunden derart, dass Vermessungen in grösserer Entfernung vom Lande vorgenommen werden konnten. Einen Ausgleich bewirken jedoch die hellen Nächte, so dass einmal sogar die Messungen ununterbrochen 3×24 Stunden hindurch fortgesetzt werden konnten.

Bei den Vermessungen bediente man sich des von dem dänischen Kapitän Rung konstruierten Universal-Bathometers, mit dem in der dänischen Marine in den letzten Jahren gegen 100000 Lotungen vorgenommen sind. Als Prinzip liegt demselben die Messung des Druckes der Wassermassen am Boden zu Grunde. Um den Apparat schnell zum Sinken zu bringen, ist er an einer dünnen Stahldrahtleine aufgehängt, welche über eine Rolle aufgerollt ist, von der sie ohne erheblichen Widerstand ablaufen kann. In der Regel ist der Apparat jedoch derart installiert, dass er mit Handkraft eingeholt werden muss, bei Messungen auf 100 Faden Tiefe eine mühsame Arbeit. An Bord der »Diana« kam daher ein von Leutnant z. S. A. Nielsen konstruierter Apparat zur Anwendung, durch den der Lotapparat bei der Einholung mit der Schraubenwelle in Verbindung gebracht wurde, so dass die Schiffsmaschine die Einholung, und zwar in der halben Zeit betrieb.

Nach Beendigung der Aufnahmen bei Island begann die »Diana« im letzten Monate die Vermessungen bei den Far-Öern, wo die Vermessungen am Lande durch den Generalstab im Laufe des Jahres zum Abschlusse gebracht waren.[1])

Tiefseelotungen in den Meeresbecken des Ostindischen Archipels. Der niederländische Kreuzer »Siboga« hat am 7. März 1899 von Surabaya aus eine einjährige Forschungsreise zu wissenschaftlichen Untersuchungen des Indischen Archipels ausgeführt. Die Reise bestand in zahlreichen Kreuzungen auf dem Meeresgebiete zwischen Borneo, Mindaao, Djilolo, Neu-Guinea, Timor und Java. Die wissenschaftliche Leitung hatte Prof. Max Weber (Amsterdam), der auch bereits einen vorläufigen Bericht über die Ergebnisse dieser Forschungsreise veröffentlicht hat.[2])

Über die Tiefseeverhältnisse dieses Meeresgebietes bemerkt Dr. Weber u. a.: »Ähnlich wie die Karibische See ist der Indische Archipel ein Teil der Erde, wo Küstengebiet und Tiefsee wiederholt in kurzen Abständen miteinander wechseln. Die Banda-, Celebes- und Savusee sind Becken, die mit Tiefen bis zu $5^1/_2$ *km* zu den tiefsten der Erde gehören. Die »Siboga«-Expedition konnte nachweisen, dass auch die Ceramsee mehr als 4000 *m* Tiefe erreicht, und die Halmahera-, Flores- und Balisee Tiefen über 2000 *m* aufweisen. Alle diese Becken liegen in einer Welt von Inseln eingeschlossen, die sich zwischen Asien und Australien ausdehnt. Der Indische Archipel ist demgemäss zwischen dem Indischen und Grossen Ozeane eingeschoben, jedoch so, dass eine Menge breiterer und engerer Strassen die Becken untereinander und mit den beiden benachbarten Ozeanen verbinden. Diese Verbindung ist aber derart, dass sie nur für die oberflächlichern Wasserlagen

---

[1]) Potonié's Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1900. p. 260.

[2]) Petermann's Mitteilungen 1900. p. 182.

stattfindet. Für die tiefern Wasserlagen wird der Zustand ein anderer. Während nämlich die Becken selbst grosse Tiefen haben, sinkt der Boden der Strassen, welche die Becken mit den Ozeanen verbinden, nirgends unter 1600 *m*. Theoretische Erwägungen hatten schon frühere Forscher zu dieser Annahme geführt. Die »Siboga« konnte nachweisen, dass in der That solche Schwellen bestehen, welche eine Verbindung der ozeanischen Wasserschichten aus grösserer Tiefe als 1600 *m* mit den korrespondierenden der interarchipelagischen Becken ausschliessen.

An der Hand früherer und unserer Lotungen kommt man zu folgenden Schlüssen über den Zusammenhang der verschiedenen Becken untereinander und mit den Ozeanen: Während die Javasee, zwischen den Grossen Sundainseln gelegen, nur geringe Tiefe hat, beginnt an der Ostecke von Java eine tiefe Spalte, die gegen Süden durch die Kleinen Sundainseln und gegen Norden durch eine Landerhebung begrenzt wird, auf welcher die Kangeang-, die Postillon- und Paternosterinsel liegen. Diese Spalte bildet die tiefe Bali- und Floressee, die zusammenhängen und ihrerseits wiederum in Verbindung stehen mit der Bandasee. Um dieses nachzuweisen, wurden Lotungen ausgeführt zwischen der Nordküste von Flores (Rusa Linguette) und Kalao tuwa, zur Saleyergruppe gehörig, in einer Linie also, in welcher die »Angelika-Untiefe« liegt. Hier durfte man am ehesten geringere Tiefe, sozusagen eine in nordsüdlicher Richtung ziehende Schwelle erwarten. Es wurden aber Tiefen von 2510 und 2560 *m* gefunden, woraus erhellt, dass das kalte Wasser von ungefähr 3° der tiefern Schichten der Bandasee in Verbindung steht mit der Flores- und Balisee.

In einem gleichen Verhältnisse steht auch die Savusee zur Bandasee. Auf theoretischen Erwägungen fussend, war Rottok, der Bearbeiter der Lotungen der »Gazelle«, zum Schlusse gekommen, dass zwischen Sumba, Pula Dana und Savu eine Schwelle mit ungefähr 2000 *m* Wasserbedeckung sich befinde. Unsere Lotungen haben gelehrt, dass hier in der That eine Bodenschwelle angetroffen wird, aber noch nicht 1500 *m* tief. Wir loteten hier von Westen nach Osten 779, 1456, 1419 *m*. Zieht man nun frühere Lotungen zu Rate unter gleichzeitiger Beachtung des Laufes der Küstenlinie, so ist zu vermuten, dass unser Lot nicht einmal die untiefsten Stellen berührt hat. Somit ist die Savusee gegenüber dem Indischen Ozeane, was die tiefern Wasserschichten angeht, abgeschlossen, denn zwischen West-Flores und Sumba fanden wir nur eine Tiefe von weniger als 1000 *m*. Demgemäss müssen die kalten Wasserschichten der Savusee von ungefähr 3° der Bandasee entstammen; die Verbindung vollzieht sich in der Ombaaipassage.

Von dem weiten Becken der Bandasee ist bekannt, dass sie von 1600 *m* ab eine gleichmässige Temperatur von ungefähr 3° hat, wie gross auch die Tiefe sein möge. Sie muss also von dieser Tiefe ab von dem ozeanischen Wasser abgeschlossen sein, da die Temperatur des Wassers im Indischen Ozeane bis zu 1°, und im Grossen Ozeane bis zu 1,8° fällt. Die Richtigkeit dieser theoretischen Erwägung konnten wir nachweisen, indem es uns glückte, Schwellen von der geforderten Tiefe aufzufinden, welche die Bandasee mit ihren Annexen in der vorausgesetzten Weise abschliessen. Eine Tiefenkarte, die unter den kundigen Händen des Kommandanten Tydeman in Bearbeitung ist, wird dies später deutlich machen hier sei vorläufig nur folgendes angedeutet.

Die Schwelle gegen den Indischen Ozean erstreckt sich von West-Flores über Sumba und Savu bis Timor. Wo sie zwischen diesen Inseln durch Wasser bedeckt wird, sinkt sie nicht bis zur kritischen Tiefe von 1600 *m*, Demnach entstammt das kalte Bodenwasser der Bandasee und ihrer Anhängsel nicht dem Indischen Ozeane, da auch die Passage zwischen Timor und der Sahulbank nicht die erforderliche Tiefe aufweist.

Anders ist es bezüglich des Zusammenhanges mit dem Grossen Ozeane. Sein kaltes Wasser hat freien Zutritt zur Molukkenpassage bis zu einer Schwelle zwischen den Sullainseln und Grossobi. Diese kann das Eintreten

von Wasser von der kritischen Temperatur eben nur gestatten, nämlich der Temperatur von ungefähr 3°, die wir in der Ceramsee, die sich unmittelbar hieran anschliesst, bis zu ihrer grössten Tiefe antreffen.

Es bleibt nun noch die Frage, wie es sich mit der Bandasee verhält. Ihre Verbindung mit der Ceramsee ist nach unserer Untersuchung eine ganz andere geworden, als frühere Karten darstellten. Sie geschieht nicht durch die Manipastrasse, da ein verhältnismässig untiefer Rücken von Buru nach Ceram diese Strasse schneidet, sondern zwischen Buru und Sulla besi. Ganz unerwartet fanden wir hier und weiter westlich von Buru, zwischen dieser Insel und Buton sehr grosse Tiefen als Fortsetzung der Tiefen der Bandasee. Acht durch uns ausgeführte Lotungen ergaben, dass die auf den Karten angegebenen frühern Lotungen absolut unrichtig sind. Statt geringer Tiefen fanden wir solche bis weit über 4000 *m*.

Die Verbindung der Ceramsee (und damit auch der Bandasee) mit dem Pazifischen Ozeane durch die Halmaherasee und Gilolopassage ist nur untiefer Art.

Bezüglich der Bandasee lehrten unsere Lotungen, dass dieselbe nicht das einfache, tiefe Becken ist, wie man es sich vorgestellt hat. Wir fanden vielmehr einen Rücken (Sibogarücken), der sich von den Luciparainseln nach den Bandainseln hin erstreckt. An der andern Seite brachten sie den Nachweis, dass die Angabe der Karten, als ob in der Nähe der Bandainseln eine Tiefe von 7000 *m* vorkomme, unrichtig ist. Eine Reihe von Lotungen an besagter Stelle ergaben keine grössere Tiefe als 4000 *m*. Dagegen loteten wir anderorts in der Bandasee die grösste Tiefe von 5684 *m*.

Während nun die Bandasee, zusammen mit der Bali-, Flores- und Savusee an der einen Seite und mit der Ceram- und Halmaherasee an der andern Seite, ein zusammenhängendes System tiefer Becken darstellt, ist die Celebessee hiervon unabhängig, wenigstens was ihre kalten Wasserschichten angeht. Auch in ihr trafen wir Tiefen bis 5000 *m* an. Südlich setzt sie sich in die Makassarstrasse fort als schmale, tiefe Spalte zwischen der Borneo- und der Celebesbank, die den Spermonde-Archipel trägt. Beide sollen weiter unten noch näher besprochen werden. Die Makassarstrasse ist aber nur in ihrem nördlichen Teile eine Fortsetzung der Tiefen der Celebessee, da diese Tiefen nördlich von einer Linie endigen, die Makassar mit den Limainseln und damit mit Borneo verbindet.

Bekanntlich ist die Celebessee dadurch ausgezeichnet, dass ihre tiefste Temperatur 3.7° beträgt. Da diese Temperatur bereits bei 1300 *m* auftritt, so ist von dieser Tiefe ab bis zum Boden die Temperatur eine gleichmässige. Hieraus schloss man, dass die Celebessee von ihrer Umgebung abgeschlossen sein muss durch eine Bodenschwelle von ungefähr 1300 *m*, da der Pazifische Ozean in dieser Tiefe eine Temperatur von 3.7° aufweist, die tiefer allmählich bis 1.8° fällt.

Oberflächlich wird die Celebessee durch die Inselkette, die sich von der Nordostspitze von Celebes in der Richtung nach Mindanao erstreckt, und deren letzte Glieder die Karkalonginseln bilden, vom Ozeane geschieden. Sie liegen sämtlich auf einem Rücken von der geforderten Höhe. Nur zwischen den Karkalonginseln und Mindanao ist eine weite Passage, über deren Tiefe nichts bekannt war, obwohl gerade hier die kritische Stelle der Verbindung der Celebessee mit dem Pazifischen Ozeane ist. Die »Siboga« lotete daher zwischen Meares, der nördlichsten Insel der Karkalonggruppe, und der Insel Sarangani, südlich von Mindanao, fand aber keine geringere Tiefe als 1645 *m*. Vollständiges Abloten dieser weiten Passage hätte Tage gefordert; die gefundene Tiefe wies auch, verglichen mit den enormen Tiefen der Celebessee an der einen und des Pazifischen Ozeans an der andern Seite, darauf hin, dass hier die Schwelle sich befinden muss. Übrigens wurde noch zwischen den Talautinseln und Sangi gelotet, da die Möglichkeit nicht ausgeschlossen war, dass die gesuchte Schwelle vom Kap St. Augustin (Mindanao) über Palmas und die Talautinseln nach Siaon

ziehe. Wir loteten aber 3302 *m*, was gegen diese Auffassung spricht. Hohe, kurze See erschwerte diese Untersuchungen sehr.

Von weitern Lotungsresultaten seien nur noch die in der Lombokstrasse erhaltenen genannt. Die in den Seekarten eingetragenen Lotungen machten es nicht unwahrscheinlich, dass diese Strasse von derartiger Tiefe sei, dass sie auch für kaltes Wasser von wenigstens 7° eine Verbindung des Indischen Ozeans mit der Balisee herstelle. Aus unserer Untersuchung erhellt das Gegenteil. Der nördliche Teil der Lombokstrasse bis dicht an die Insel Penida, die in der Strasse liegt, ist gewissermassen eine südliche Fortsetzung der Tiefen der Balisee. Der südliche Eingang der Strasse weist aber eine Schwelle auf mit einer durch uns geloteten Maximaltiefe von nur 312 *m*. Dieser untiefe Landrücken zieht von der Südweststrecke von Lombok zur Insel Penida und von dort über die Inseln Tjeningan und Lembongan nach Bali.«

Der Boden der verschiedenen Seebecken des Indischen Archipels ist nicht wie der der Ozeane mit Resten von Foraminiferen, Radiolarien, Pteropoden und Diatomeen, den echten ozeanischen Niederschlägen bedeckt, sondern diese kommen nur sekundär vor und in verschiedenem Grade gemengt mit terrigenen Niederschlägen, die den Küsten entstammen.

Die Oberflächentemperatur des Meeres in der Umgebung der Brittischen Inseln bildet den Gegenstand einer grössern Untersuchung von H. N. Dickson.[1]) Im ganzen wurde die Angabe von 65 Stationen, an denen durchschnittlich während 18 Jahren morgens bei Sonnenaufgang und 4^h nachmittags beobachtet wurde, benutzt. Das Mittel aus beiden Ablesungen wird als wahres Tagesmittel betrachtet und kann in der That sehr angenähert als solches gelten. Im Jahresmittel beträgt die Temperatur für die See an der schottländischen Küste 8.4°, bei Irland 9.8°, in der Nordsee (Outer Dowsing) 9.2° bei den Scillys 12.1°. westlich von Irland (Minard-Dingle) 11.1°. Das Maximum der Oberflächentemperatur fällt fast überall auf den August und schwankt zwischen 12° (Schottland) und 17° nahe East-Goodwine. Die jährliche Schwankung ist am geringsten (6.4°) bei den Scillys und steigt in der Nordsee bis auf 10°.

Die hydrographischen Untersuchungen des nordatlantischen Ozeans in den Jahren 1895 und 1896 stellte O. Pettersson dar.[2]) Die Zahl der von verschiedenen Nationen entsandten Expeditionen in jenes Gebiet ist recht erheblich, allein da diese sämtlich ohne gemeinsamen Plan arbeiteten, so sind die erhaltenen Relultate im ganzen fragmentarisch, obgleich allenthalben möglichst exakte Beobachtungsmethoden angewendet wurden. Pettersson behandelt ausführlich: 1. die dänische »Ingolf«-Expedition. Die Untersuchungen wurden im Sommer 1895 und 1896 ausgeführt und galten im erstgenannten Jahre hauptsächlich den grönländischen Ge-

---

1) Quart. Journ Met. Sec. 25. No. 112.
2) Petermann's Mitteilungen 1900. p. 1.

wässern, namentlich der Davisstrasse. Die grösste und wichtigste Arbeit im Atlantischen Ozeane und im Nördlichen Eismeere führte die Expedition im folgenden Sommer 1896 aus. Hauptzweck der Expedition war, neues zoologisches Material für die Sammlungen der Universität zu erwerben, und es scheint, dass es ihr gelungen ist, diese Aufgabe mit ausgezeichnetem Erfolge zu lösen. Die hydrographischen Untersuchungen scheinen im Programme der Expedition eine mehr nebensächliche Bedeutung gehabt zu haben. Dass sie in Wirklichkeit eine hervorragende Rolle spielten, ist einesteils dem lebhaften Interesse des Kommandeurs C. F. Wandel für hydrographische Forschungen, sowie seinen Erfahrungen darin und andernteils dem Physiker der Expedition, M. Knudsen, zu danken, der seine Aufgabe mit ausserordentlicher Geschicklichkeit ausgeführt hat. Während der acht Monate, welche die Expedition unterwegs war, wurden 144 Lotungen vorgenommen. Gleichzeitig wurde von Böggild die geologische Beschaffenheit des Meeresgrundes, sowie von Dr. H. Hansen und Kand. Ostenfeld-Hansen das animalische und vegetabilische Plankton des Wassers untersucht. Diese Resultate sind noch nicht veröffentlicht. Der erste Band der von der »Ingolf«-Expedition herausgegebenen Schriften beginnt mit einem Reiseberichte des Leiters der Expedition und enthält wichtige Beiträge zur Kenntnis der Topographie des Meeresgrundes südlich von Island. Man erinnert sich, dass seit Frobisher's dritter Reise 1578 die Tradition von der Existenz einer — seitdem verschwundenen — Insel südwestlich von Island besteht; auf alten Seekarten ist diese Insel in 58° N. und 30° W. unter den Namen: »Das versunkene Land von Buss«, angegeben. In derselben Gegend hat seitdem das englische Kriegsschiff »Buldogg» bei 1328 *m* Tiefe eine Bank aufgefunden. Im SW dieser Stelle in 56° N. und 34° 35′ W. fand das Tender-Fahrzeug »Valorous« von der Nares'schen Expedition in 1225 *m* Tiefe Boden. Aus den letzten Jahren liegen Erzählungen vor von Erdbeben, die vorübersegelnde Schiffe in diesen Gegenden wahrgenommen haben. Da man somit Grund hatte, hier das Vorhandensein eines unterirdischen Plateaus zu vermuten, so liess Kommandeur Wandel sowohl die Tiefenverhältnisse als auch die Beschaffenheit des Meeresgrundes in dieser Gegend genauestens untersuchen. Die Resultate ergaben, dass das vermutete Plateau aus einer schmalen Bank besteht, die sich von Reykjanes in südwestlicher Richtung weit in den Atlantischen Ozean hinein erstreckt und eine in hydrographischer Hinsicht wichtige Wasserscheide zwischen zwei tiefen Meeresbecken bildet. Zweifellos ist die Bank vulkanischen Ursprunges und jedenfalls nach Schluss der Eiszeit gebildet, was dadurch bewiesen wird, dass der Meeresgrund hier beim Trawlen glatt und eben befunden wurde, während er zu beiden Seiten mit Steinblöcken übersät ist.

Die übrigen Teile im ersten Bande der Schriften der »Ingolf«-Expedition bestehen aus Beschreibungen der hydrographischen Resultate der Expedition von M. Knudsen.

Wegen des eigentlichen Details muss auf das Original verwiesen werden, nur über die Wasserverhältnisse zwischen Island und Färö möge einiges aus Pettersson's Darstellung erwähnt werden. Er sagt: »Auf der Bank zwischen Island und den Färöer-Inseln treffen der Golfstrom und der Polarstrom zusammen. Beide hemmen sich gegenseitig in ihrem Laufe, was an der Oberfläche durch eine ganz deutlich markierte Grenze zu Tage tritt, die sich vom südlichen Island bis zu den Färöer-Inseln hinzieht und in den Sommern 1895 und 1896, je nachdem der Wind nördlich oder südlich war, nördlicher oder südlicher sich befand, ohne indess das Gebiet der Bank zu verlassen. Ob jedoch dieser Gleichgewichtszustand an der Oberfläche zu allen Jahreszeiten oder nur in einzelnen Jahren existiert, ist ungewiss. Das einzige, was mit einiger Bestimmtheit angenommen werden kann, ist, dass der Polarstrom niemals als Oberflächenstrom die Färö-Island-Bank gegen S passiert, denn die Oberwasseruntersuchungen durch die Postdampfer der dänischen Regierung, die seit einigen Jahren zwischen Färö und Reykiavik gemacht werden, ergeben Golfstrom-Salzgehalt und Golfstrom-Plankton.

Hingegen scheint der Golfstrom die Färö-Island-Bank in der Regel als Oberstrom zu passieren, wenigstens, nach allen frühern Beobachtungen zu urteilen, im Frühjahre und Sommer. Die Verhältnisse während 1895 und 1896, wo der Golfstrom nur in geringer Stärke und nur als schmaler Oberstrom die Bank nahe den Färöer-Inseln überschritt und, durch das Zusammentreffen mit dem Polarstrom veranlasst, zum allergrössten Teile nach SW abbog und gezwungen war, sich südlich der Färöer-Inseln einen Weg über die Wyville-Thomson-Bank zu suchen, sind wohl eher als Ausnahmen zu betrachten, die zweifellos durch die in diesem Sommer vorherrschenden nördlichen Winde verursacht, oder — was ebenso möglich ist — durch periodische oder unperiodische Störungen im ganzen Stromsysteme des Atlantischen Ozeans, die sich vielleicht über eine grössere Anzahl von Jahren erstrecken, hervorgerufen wurden. Was Verf. veranlasst, für die Gegenwart solche Ausnahmeverhältnisse anzunehmen, will er später darlegen.

In den tiefern Wasserschichten auf dem Grunde der Bank spielt sich ebenfalls ein Konflikt zwischen Golf- und Polarstrom ab. Knudsen zeigt, dass der Polarstrom durch den Golfstrom in seinem Laufe gehemmt wird, wodurch sich seine obersten Wassermassen über der Bank stauen. Deutlich ist, dass in dieser Gegend (ungefähr 11—12° westl. L. von Greenw.) kein Wasser über die Bank aus dem Atlantischen Ozeane ins Nordmeer drang. Der Golfstrom floss völlig abseits. Dagegen zeigte der Polarstrom die Tendenz, unter den Golfstrom unterzutauchen und die Bank als Unterstrom zu passieren, wurde dabei aber stark mit Golfstromwasser vermischt. In den untern Niveaus entsteht nämlich durch Reibung ein Mischwasser von ungefähr 35—35.25 ‰ Salzgehalt, das den Charakter atlantischen Wassers trägt, durch seine niedrigere Temperatur (4°) aber den Einfluss arktischen Wassers verrät.

Nahe den Färöer-Inseln in nordöstlicher Richtung über die Bank dringt Golfstromwasser in das Nördliche Eismeer ein, biegt jedoch gegen Osten ab und wird zum Teile von Polarstromwasser überschwemmt, das durch Berührung mit dem warmen Wasser sich auf 10° erwärmt. Unterhalb dieses Golfstromarmes fliesst als Unterstrom oder Reaktionsstrom arktisches Wasser beinahe unvermischt (t = 0.4°, Salzgehalt = 34.98 ‰) über die Bank, das auf dem Grunde der tiefsten Rinnen sich seinen Weg sucht und in den Karten des Verf. nur sporadisch (durch eine kleine Fläche von 34 ‰ Wasser) auftritt. Es will scheinen, als ob das arktische Wasser an der nördlichen Seite der Bank am weitesten über den Rücken vordringe, und ein Teil dieses Wassers sucht sich auch wirklich oberhalb des Küstenplateaus von Island einen Weg und setzt sich nun, untermischt mit Flusswasser, längs der Südseite von Island als Küstenstrom fort. Weiter unten aber, auf der atlantischen Seite der Färö-Island-Bank, vermischt sich der Unterstrom mit Golfstromwasser, wie aus den übrigen »Ingolf«-Stationen südöstlich von Island bis ungefähr zum 17.° W hervorgeht. Dagegen gelangt arktisches Wasser vom Nordmeere in unvermischtem Zustande über die östliche Seite der Bank, so dass das Grundwasser der östlich vom 17.° W gelegenen Stationen im Atlantischen Ozeane, südlich von Island, niedrigere Temperatur und niedrigern Salzgehalt aufweist.«

2. Die englische »Research«-Expedition und die Flaschenposten des Fishery Board. Diese Expedition war ausgesandt worden, um die 1893 angefangenen internationalen hydrographischen Forschungen in dem nördlichen Atlantischen Ozeane fortzusetzen und die frühern Tieflotungen des »Jackal« von 1893—1894 und des »Knight Errant« 1880 an denselben Stationen zu wiederholen. Es wurden Temperaturreihen mit N. Z.-Thermometern und Wasserproben mit dem Mill'schen Wasserschöpfer genommen, wobei allerdings gewisse Unregelmässigkeiten vorkamen, die sich jedoch leicht aus den Beobachtungstabellen eliminieren lassen. Die analytische Arbeit wurde von H. W. Dickson, dem frühern Physiker und Chemiker der »Jackal«-Expeditionen, ausgeführt und der Salzgehalt durch Titrieren mit $^1/_5$ Normal-Silberlösung bestimmt. Aus den so erhaltenen Resultaten Dickson's hat Pettersson versucht, den Zustand der Färö-Shetland-Rinne im August 1896 durch zwei Längen- und eine Quersektion (»Research« A, B und C) anschaulich zu machen. Aus Dickson's Diskussion der meteorologischen Verhältnisse geht hervor, dass die Windrichtung in diesem Sommer überwiegend eine nördliche oder nordwestliche war, und dass die in dieser Gegend gewöhnlich so ausgeprägte südliche und südwestliche Komponente der Windrose damals wenig zum Vorscheine kam. Man weiss aus den Beobachtungen der »Ingolf«-Expedition, dass der Hauptarm der Golfstromtrift, auf dem Scheitel der Färö-Island-Bank von dem Polarstrome zurückgedrängt, nach O (gegen die Färöer-Inseln) ab-

gelenkt wurde. In der Sektion »Research« C ersieht man, dass Einströmung vom Atlantischen Ozeane ins Norwegische Meer hauptsächlich über die Wyville-Thomson-Bank längs des nordwestlichen Abhanges der Färö-Shetland-Rinne im Lee der Färö-Inseln stattfand. Ein zweiter Arm des atlantischen Warmwasserstromes folgte der südöstlichen Seite der Rinne und breitete sich von da über das Nordseeplateau aus, erlitt aber auf der Böschung dieses Plateaus eine bedeutende Mischung durch den Auftrieb der untern salzärmern Wasserschichten, was sich deutlich durch die Form der Isohaline 35 $^0/_{00}$ im Querschnitte »Research« C kundgiebt. Auch in der Sektion »Research« B begegnen wir Verzweigungen dieser Warmwasserader in 150 und 400 *m* Tiefe. Über den Wyville-Thomson-Rücken drangen also im August 1896 zwei verschiedene Arme des Golfstromes ein. Dieses Verhältnis wurde zuerst durch die biologischen Untersuchungen von Cleve erkannt. Als Cleve nämlich die Planktonfänge der »Research«-Expedition untersuchte, fand er einen bedeutenden Unterschied in dem Charakter des vegetabilischen Planktons der westlichen und der östlichen Stationen. An jenen Stationen brachte das Schleppnetz hauptsächlich Diatomeen von dem sogenannten Styli-Typus (Cleve), an diesen hauptsächlich Cilioflagellaten, dem sogenannten Tripos-Plankton (Cleve) angehörend, an Bord.

Die Grenze der beiden Planktongebiete erstreckte sich längs der Mitte der Färö-Shetland-Rinne von SW gegen NO. Östlich der Grenze war Tripos-Plankton vorherrschend in dem Nordseegebiete und in dem norwegischen Küstenwasser. Wahrscheinlich bildete das submarine Plateau von Rockall die Grenzscheide zwischen den beiden Golfstromarmen, welche im Sommer 1896 vor dem Wyville-Thomson-Rücken zusammentrafen.

Cleve macht noch auf einen äusserst wichtigen Umstand aufmerksam. Sämtliche Flaschen, welche an den östlichen Stationen ausgesetzt wurden, schlugen eine östliche und nachher südliche Richtung ein und landeten entweder auf den Orkney- und Shetland-Inseln oder an der schottischen und englischen Nordseeküste, während die Flaschen der westlichen Stationen entweder gar nicht wiedergefunden wurden (was vermuten lässt, dass sie von dem Golfstromarme nach hohen nördlichen Breiten versetzt wurden) oder in Norwegen (Gegend von Trondhiem und Kramsö in Söndmöre) im November oder Dezember 1896 landeten, nach einer Fahrt von 116, resp. 111 Tagen. (Distanz etwa 800 *km.*)

Durch Dr. T. Wemyss Fulton wurden nicht weniger als 3553 Flaschen und Schwimmkorke vom September 1894 bis zum Februar 1897 in allen Teilen der Nordsee ausgeworfen, von denen 14% wiedergefunden sind. Diese Flaschenposten zeigen, »dass die Wasserzirkulation der Nordsee in der Regel in allen Jahreszeiten cyklonisch ist. Um so wichtiger ist es deshalb, zu erfahren, dass diese Regel ihre Ausnahmen hat, und dass sich im Dezember 1896

und im Januar 1897 diese cyklonische Wasserbewegung in eine anticyklonische verwandelte, was dadurch erwiesen wird, dass sämtliche Flaschenfahrten damals retrograd verliefen, so dass Flaschen von der holländischen Küste nicht wie gewöhnlich in Jütland, sondern an der Küste von Norfolk landeten, ferner Flaschenposten von der Firth of Morny auf den Orkney- und Shetland-Inseln gefunden wurden u. s. w. Gleichzeitig mit dieser Umkehrung des Stromsystems der Nordsee fanden im Skagerrak grosse hydrographische Veränderungen statt, welche der Winterfischerei von Heringen an der schwedischen und norwegischen Küste ein Ende machten.«

3. Untersuchungen in den nördlichen Teilen des norwegischen Meeres und in der Barentz-See durch skandinavische, russische und englische Forscher. Aus den Beobachtungen, welche die schwedische hydrographische Kommission ausführte, ergiebt sich, dass 1896 die hydrographische Situation ganz ähnlich war derjenigen, welche Mohn und Tornö im Jahre 1878 vorgefunden und beschrieben haben. »Wir müssen uns also vorstellen, dass ein Zweig des nordatlantischen Golfstromes im SW von Spitzbergen untersinkt, aber als Unterstrom seinen Weg nordwärts längs des Abhanges der Küstenbank von Spitzbergen fortsetzt. Der ganze Weg dieses Unterstromes wird schon im Frühjahre durch eine Bucht von eisfreiem Wasser zwischen dem Packeise an der Westküste von Spitzbergen und dem grönländischen Eisstrome markiert. Es ist dies die sogenannte »Whalers Bay« oder die alte Schiffsroute der Robben- und Walfischfänger, welche schon vor Jahrhunderten von den Holländern und Engländern benutzt wurde, um früh im Jahre die Häfen an der nordwestlichen Ecke Spitzbergens zu erreichen. Um den Besitz eben dieser Häfen, welche man wegen ihrer Zugänglichkeit als sehr wertvoll betrachtete, wurde damals lebhaft gestritten, und es wurden sogar einige Seeschlachten geschlagen. Es giebt bekanntlich neben der »Whalers Bay« auch andere grössere Einbuchtungen in dem eisführenden Polarstrome, welche mehr oder weniger konstant in den verschiedenen Sommern an derselben Stelle im Meere auftreten und von den Walfischfängern als Einfahrtswege zu den Fangplätzen benutzt werden. Eine solche Bucht im Eise öffnet sich südlich und östlich von Jan Mayen ,eine andere erstreckt sich in westlicher Richtung gegen die grönländische Küste längs dem 74. und 75. Breitengrade, eine dritte in nordwestlicher Richtung längs der Westküste von Nowaja Semlja u. s. w. Der Verlauf der Isohalinen der Meeresoberfläche in den Karten von Mohn und Tornö macht es sehr wahrscheinlich, dass alle diese tiefen Einschnitte in dem eisbedeckten Teile des Nordmeeres von Unterströmen von relativ wärmerem Wasser, d. h. von Ausläufern des Golfstromes, verursacht werden. Einen direkten Beweis für die Existenz eines solchen Unterstromes in 74° N findet man in der Tieflotung an Station XII der dänischen Expedition nach Ostgrönland 1891 bis

1892. Diese Station liegt in 74° 45′ N und 11° 42′ W in der Mitte des grönländischen Eisfeldes, etwa halbwegs zwischen der Eisgrenze und der Mündung des Franz Joseph-Fjords. Die Auflockerung des Eises in dieser Gegend, durch welche den Robbenfängern im Hochsommer ein ergiebiges Jagdrevier und den wissenschaftlichen Expeditionen ein Einfahrtsweg nach der Ostküste von Grönland eröffnet wird, scheint keineswegs zufällig zu sein, sondern beruht vielmehr auf der Existenz eines warmen Uferstromes.

Es ist wahrscheinlich, dass südwestlich von Spitzbergen eine Verzweigung des Golfstromes stattfindet, und dass der westliche Zweig, wovon die Spuren in der Oberflächenkarte von Tornö zwischen 74 und 75° N deutlich zu erkennen sind, derjenige ist, welcher eine Ablenkung gegen die Ostküste von Grönland erleidet, während der nördliche Zweig als Unterstrom, an der Bank von Spitzbergen vorüberfliessend, sich schliesslich in das tiefe Polarmeer verliert, wo er nach Nansen bis nördlich von den Sibirischen Inseln nachgewiesen wurde. Zwischen beiden Zweigen schiebt der Polarstrom von NW her einen mächtigen Keil von kaltem Wasser (t = — 1.4 bis — 1.5°) in südöstlicher Richtung gegen die Büreninsel vor.«

Die hydrographischen Verhältnisse des nordatlantischen Ozeans 1898. Admiral C. F. Wandel hat seit 1897 durch die dänischen Schiffe, welche den Nordatlantik kreuzten, Beobachtungen über die Temperatur, den Salzgehalt und das Plankton des Oberflächenwassers anstellen lassen. Die Ergebnisse der Beobachtungen aus dem Jahre 1898, hat Martin Knudsen[1]) veröffentlicht.[2])

Die Beobachtungen sind in 21 Berichten enthalten, deren Ergebnisse tabellarisch und kartographisch wiedergegeben sind.

Im Januar und Februar 1898 schwankte die Temperatur des offenen Nordatlantik zwischen 6.0° und 8.13°. Diese beträchtlichen Schwankungen können teils im Einflusse der Luft, teils in der Vermischung mit kälterem Wasser begründet sein. Wenn das Wasser aus südlichern Gegenden kommt, wird es abgekühlt, teils durch Berührung mit der kältern Luft, teils durch Vermischung mit Wasser aus den drei Polarströmen: dem Labradorstrome, dem ostgrönländischen und dem ostisländischen Polarstrome. Es ist nicht immer leicht zu entscheiden, welcher dieser beiden Ursachen die Abkühlung des Oberflächenwassers zuzuschreiben ist; denn es steht zwar fest, dass eine Wasserprobe (möge deren Temperatur nun hoch oder niedrig sein) mit hohem Salzgehalte nicht mit Polarwasser vermischt sein kann; dagegen kann man aber nicht bei einem niedrigen Salzgehalte (etwa 35.25‰) ohne weiteres annehmen, dass eine Vermischung mit Polarwasser stattgefunden hat, denn

---

1) Jagttagelser over Overfladevandets Temperatur, Saltholdighed og Plankton paa islanske og geonlanske Skibsrouter i 1898. Kopenhagen, Gad.

2) Potonié's naturw. Wochenschrift 1900. p. 249.

Salzgehalt und Temperatur des Wassers aus dem atlantischen Ozeane können auch durch atmosphärische Einflüsse, durch Niederschlag und Kälte, herabgesetzt werden.

Einen interessanten Beleg für den Einfluss der Atmosphäre auf die Temperatur des Oberflächenwassers im Monat Januar bieten die Beobachtungen des Postdampfers »Laura« auf der Reise von den Färöern nach Island. Die Temperatur des Oberflächenwassers schwankte zwischen 5.0° und 8.3°. Da nun einerseits der Salzgehalt sehr hoch war, nämlich 35.38—35.47, anderseits die Temperatur des Oberflächenwassers genau derjenigen der Luft folgte, so ist es einleuchtend, dass die Fahrt der »Laura« in unvermischtem Wasser des Atlantischen Ozeans erfolgte, dessen niedrige Temperatur nicht die Folge der Vermischung mit Polarwasser war. Diese Verhältnisse herrschten auch zwischen den Färöer und den Shetland-Inseln. Nur an den beiden Punkten südöstlich von den Färöer in nächster Nähe dieser Inselgruppe zeigte sich ein geringfügiger Einfluss des ostisländischen Polarstromes (Temperatur 6.5° und 6.7°, Salzgehalt 35.31 und 35.35‰), der sich an dieser Stelle sehr weit nach Süden erstreckt.

Ungefähr in der Mitte zwischen den Shetland-Inseln und den Färöer finden wir das warme, stark salzhaltige Wasser (Temperatur 7.5°, Salzgehalt 35.53‰), welches den östlichen Teil des Golfstromes charakterisiert. Dieser »östliche Teil des Golfstromes« mit einem Salzgehalte über 35.50‰ hatte im ersten Teile des Jahres 1898 nur eine geringe Ausdehnung zwischen den Shetland-Inseln und den Färöern. Ende April nimmt er schnell zu und erreicht sein Maximum in den ersten Tagen des Mai. Er erstreckt sich dann ganz bis an die Grenze des ostisländischen Polarstromes zwischen den Färöern und Island, und unter 58° nördl. Breite reicht er bis 24° westl. L. Nach diesem Zeitpunkte nimmt er erheblich an Ausdehnung ab, beschränkt sich auf einen Teil des Fahrwassers zwischen den Shetland-Inseln und den Färöern und reicht von dort nur ein ganz kurzes Stück nach dem Westen. Im August ist »der östliche Teil des Golfstromes« ganz verschwunden, lässt sich nicht mehr beobachten und zeigt sich erst im Dezember wieder. — Die Beobachtungen im April lassen erkennen, dass »der östliche Teil des Golfstromes« seine Grenzen in hohem Grade ändert, wenn der Wind seine Richtung und seine Stärke ändert. Südöstliche und östliche Winde können im Laufe weniger Tage den Strom ganz nach den Färöern hinüberzwängen. Nördliche Winde beschränken dagegen den Umfang des Stromes bedeutend. Westliche Winde zwängen den Strom gegen Schottland und die Shetland-Inseln; südwestliche und südliche Winde geben dem Strome dagegen grössern Umfang.

Der ostisländische Polarstrom steht nach den Beobachtungen insofern in einer gewissen Beziehung zum östlichen Teile des Golfstromes, als er sich zurückzieht, wenn dieser seine grösste Aus-

dehnung hat. Wenn dagegen der östliche Teil des Golfstromes eingeschränkt wird, schiesst der ostisländische Polarstrom südlich von Island recht weit nach Süden. Die Schwankungen, denen der Umfang des einen Gebietes unterworfen ist, machen sich also auf dem des andern bemerkbar. In Übereinstimmung damit ist das Gebiet des ostisländischen Polarstromes am 20. Juni am grössten. Er hat da seinen Einfluss geltend gemacht von den Vestmanöer bis an die Färöer; aber bereits am 2. Juli ist er wieder zurückgedrängt worden, so dass sein Abstand von Island auf 15° westl. L. 50 Seemeilen betrug. Diese Ausdehnung wurde fast den ganzen Juli hindurch beibehalten, und somit hat der ostisländische Polarstrom sich im Sommer 1898 an der südöstlichen Küste Islands besonders weit nach dem Süden erstreckt; denn im August erstreckte er sich wieder mit seinem Salzgehalte von 34‰ und einem Wasser, das 2—3° kälter als das des Atlantischen Ozeans ist, bis dicht an die Färöer.

»Der westliche Teil des Golfstromes« mit Salzgehalten zwischen 35.00 und 35.25‰ kommt im ersten Teile des Jahres 1898 gar nicht oder doch nur in sehr geringer Ausdehnung vor. Er wächst beträchtlich im Laufe des Juli und hat im August eine erhebliche Ausdehnung gewonnen, aber auf Kosten des eigentlichen zentralen Golfstromes und namentlich des östlichen Teiles desselben.

Der ostgrönländische Polarstrom mit Salzgehalten unter 35‰ ist einer ganz ähnlichen Änderung unterworfen wie die vorher genannten Ströme, selbst wenn man von den bedeutenden Schwankungen in der Begrenzung desselben absieht, deren Ursprung in dem Einflusse des Windes zu suchen ist. So ist der ostgrönländische Polarstrom südöstlich von Cap Farvel im Oktober über doppelt so breit als im April. Im April hat die Grenze zwischen dem ostgrönländischen Polarstrome und dem Wasser des Atlantischen Ozeans fast ostwestliche Richtung. Im Laufe des Sommers dreht sich die Grenze gegen Norden und verläuft im August an der Stelle, wo sie von den Schiffsrouten geschnitten wird, in ungefähr nordsüdlicher Richtung.

Die Oberflächenströmungen des nordatlantischen Ozeans nördlich von 50° nördl. Br. bildete den Gegenstand einer Untersuchung von Georg Wegemann.[1])

Der Verf. giebt in der Einleitung eine geschichtliche Übersicht der Beobachtungen. Hiernach sind dieselben erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts von Belang. Beobachtungen über die Verhältnisse des Streifens zwischen 40—55° nördl. Br. verdanken wir besonders den grossen Tiefseeexpeditionen der »Challenger« (1874 — 1877), der »Gazelle« (1874—1876), der »National« und der »Valdivia«, sowie zahlreiche Lotungen und einige Temperaturserien den Kabeldampfern und Schiffen der Handelsmarine. Der Meeresraum nörd-

[1]) Aus dem Archive der deutschen Seewarte 22. No. 4.

lich von Newfoundland zwischen Labrador und Westgrönland ist wenig von wissenschaftlichen Expeditionen besucht worden; ihr Hauptziel war meistens die Suche nach der nordöstlichen Durchfahrt oder Erforschung der Polargegenden. Wichtig für die Kenntnis der Tiefenverhältnisse der Davisstrasse und Baffinsbay sind die Reisen des »Arctic« (1873), »Alert« und »Discovery« (1875), »Valorous« und »Gulnare« (1880). Das Gebiet um Grossbritannien bis zu den Färöern im Norden und entlang der Westküste Europas ist hauptsächlich das Arbeitsfeld der englischen Marine. Durch die Expeditionen der »Buldog« (1860 und 1869—1870), »Porcupine« (1869), »Lightning« (1868), »Valorous« (1875) bis Westgrönland, »Knight Errant« (1880), »Triton« (1882), »Research« u. a. m. sind wir über die Verhältnisse zwischen Irland und den Färöern hinreichend unterrichtet. In den Meeresteil längs der südlichen Westküste Europas fallen die ersten und letzten Beobachtungsstationen der »Challenger« (1872 und 1876), der »Gazelle« (1874 und 1876), der deutschen Planktonexpedition (1889), sowie zahlreicher Schiffe der englischen, deutschen und niederländischen Kriegs- und Handelsmarine. Für den Golf von Biscaya verdienen die Beobachtungen durch die »Firebrand« (1859), die »Travailleur« (1880—1882) und die »Caudan« Erwähnung. Um die Erforschung des Raumes südlich von Island und östlich von Grönland haben sich die Dänen besondere Verdienste erworben. Mit Recht hat Nordenskjöld jenen Meeresteil »Irminger See« genannt und den Hauptstrom desselben an der isländischen Küste »Irminger Strom« nach dem dänischen Admiral, welcher seit 1853 unablässig dort die Stromverhältnisse studiert und das Strombild verbessert hat. Die Tiefseeforschungen der »Fylla« (1878) und der »Ingolf« (1879), sowie zahlreiche Beobachtungen dänischer Kriegs- und Handelsschiffe, besonders von Walfischfängern, haben das Material ergänzt. Wohl die besten und reichhaltigsten Beobachtungen verdanken wir der dänischen Ingolfexpedition (1895—1896).

Auch die beiden deutschen Expeditionen, die sogenannten Planktonexpeditionen der »National« (1889) und der »Valdivia« (1899) haben wichtige Beiträge zur Physik jenes Teiles des nordatlantischen Ozeans geliefert, indem der Ozeanograph der erstern, Prof. Krümmel, sogar eine Änderung des bisherigen Strombildes der »Irminger See« zu konstatieren in der Lage war, die, wie Verf. zeigt, sich als zutreffend erwiesen hat, der theoretisch diese Strömungen der Irminger-See und ihren Zusammenhang mit dem Stromsysteme des Atlantischen Ozeans nördlich von 50° nördl. Br. aus den physikalischen Verhältnissen ableitet, und zwar nach dem von Prof. Mohn zuerst auf das europäische Nordmeer angewandten Verfahren.

Dieses Verfahren Mohn's setzt R. Engelhardt kurz in folgender Weise auseinander.[1]) Mohn konstruiert zunächst aus den beiden

---

[1]) Aus dem Archive der Deutschen Seewarte **22**. No. 6.

Hauptursachen der Meeresströmungen, Wind und Dichtigkeitsunterschiede, zwei Stromsysteme, die ihren graphischen Ausdruck in den von ihm sogenannten Wind- und Dichtigkeitsflächen finden. Um die Windrichtung zu ermitteln, hat Mohn aus langjährigen barometrischen Beobachtungen (besonders aus den Küstengegenden des Nordmeeres) eine Isobarenkarte hergestellt; diese ergiebt nach dem barischen Windgesetze mit Hilfe der barometrischen Gradienten die vorherrschende Windrichtung und Windstärke, aus welchen Daten er dann durch ein empirisches Verfahren die Richtung und Stärke der durch den Wind hervorgerufenen Meeresströmungen und der dadurch erzeugten Abweichungen der Meeresoberfläche von einer bestimmten Niveaufläche berechnet. Das ist seine Windfläche.

Im zweiten Falle (Dichtigkeitsfläche) berechnet er nach dem Gesetze der kommunizierenden Röhren die aus der örtlich verschiedenen Dichtigkeit resultierenden Abweichungen der Meeresoberfläche von einer bestimmt festgelegten Niveaufläche.

Durch Superposition der beiden Flächen, der Wind- und der Dichtigkeitsfläche, erhält er dann die sogenannte Stromfläche und daraus weiterhin ein Stromsystem für den betreffenden Meeresteil, welches im gegebenen Falle (allerdings auch wohl infolge einiger aus der Erfahrung genommener Korrekturen) mit dem thatsächlichen Stromsysteme, soweit dasselbe erforscht ist, sehr gut übereinstimmt.

Die Wasserzirkulation im Nordatlantischen Ozeane stellt Dr. O. Pettersson dar.[1]) Aus dieser wichtigen Abhandlung ist folgendes hervorzuheben:

Man unterscheidet zwischen Golfstrom und Golfstromtrift. »Der Golfstrom hat eine innere Zirkulation, die bis zu den Azoren und dem Passatgebiete reicht und das Sargassomeer umkreist. Nördlich davon hat man die mächtige Bewegung des warmen atlantischen Wassers gegen N und NO, die sogenannte »Golfstromtrift«. Die Grenze zwischen beiden ist nach den Bahnen der zahlreichen Flaschenposten, welche von den Schiffen der deutschen Marine wie auch von dem Fürsten von Monaco u. a. ausgesetzt wurden, zwischen 43—47° nördl. Br. zu verlegen. Die Golfstromtrift wird im grossen und ganzen als eine von den vorherrschenden südwestlichen Winden verursachte Bewegung der erwärmten atlantischen Oberflächenschicht betrachtet. Eine genauere Betrachtung lehrt, dass diese grosse Wassertrift, welche sich fächerförmig ausbreitet, verschiedene Zweige oder Warmwasseradern enthält, von denen sich jeder gegen eine der vier Meerengen richtet, welche den Nordatlantischen Ozean mit den Polarmeeren verbinden: Davis-Strasse, Dänemark-Sund, die Meerenge zwischen Island und den Färöern und die Shetland-Färö-Rinne.

Die Zirkulation des Nordatlantischen Ozeans wird von der Formation des Meeresgrundes in sehr hohem Grade beeinflusst. Die

[1]) Petermann's Mitteilungen 1900. p. 61.

Bewegung des Wassers geht über den grossen Meerestiefen in anderer Weise vor sich als über den Küstenbänken, und der Charakter, den die Konfiguration des Meeresgrundes der ozeanischen Zirkulation verleiht, spiegelt sich sogar in den Grenzlinien der Karte wieder, vorausgesetzt, dass diese nach genauen Messungen gezeichnet ist, namentlich nach Messungen des Salzgehaltes, des ersten und wichtigsten Erkennungsmerkmales für die Herkunft verschiedener Wassersorten. Dass die Bodenerhebungen, die Grönland mit dem europäischen Kontinente verbinden und die Becken des Nordatlantischen Ozeans von denen der Nordsee und des Polarmeeres trennen, in ganz bestimmter Weise auf das Stromsystem des Ozeans einwirken, zeigt die Karte auf den ersten Blick. Auch südlich davon macht sich der Einfluss der Bodenschwellen, die in südwestlicher Richtung von Island und den Färöer-Inseln ausgehen, in den Isohalinen und den Isothermen der Oberfläche bemerkbar.

Durch den Rockall- und Reykjanes-Rücken sowie durch die Südspitze Grönlands wird das Tiefbecken des Nordatlantischen Ozeans in vier tiefe Becken oder Mulden geteilt, von denen das westlichste zwischen Labrador und Grönland durch die Schwelle in der Davis-Strasse zwischen Kap Walsingham und der dänischen Kolonie Godhaab begrenzt wird. Das nächste zwischen Grönland und dem Reykjanes-Rücken wird durch die Schwelle im Dänemark-Sund, das dritte zwischen dem Reykjanes-Rücken und dem Rockall-Plateau, durch die Bank zwischen Island und den Färöer-Inseln und das vierte oder die Rockall-Rinne, zwischen dem Rockall- und dem britischen Plateau, durch die Wyville-Thomson-Bank begrenzt. Jede dieser grossen Tiefrinnen entspricht einer Abzweigung des atlantischen Warmwasserstromes. Die beiden westlichen Becken gehören näher zusammen, und die ganze Gegend westlich vom Reykjanes-Rücken kann man als das Westatlantische Gebiet bezeichnen. Auf gleiche Weise hängen die beiden östlichen Becken miteinander zusammen und werden hier als das Ostatlantische Gebiet oder das eigentliche Golfstromgebiet bezeichnet, nach den Golfstromabzweigungen, die von hier aus ihren Weg gegen das Nördliche Eismeer nehmen.

Das östliche Gebiet zwischen Reykjanes-Rücken und den Britischen Inseln. Der Arm des Golfstromes westlich vom Rockall-Plateau wird bei der Island-Färöer-Bank durch den ostisländischen Arm des Polarstromes gehemmt, nur ein Teil fliesst in das Norwegische Meer westlich der Färöer-Inseln, während der übrige Teil gegen Osten abbiegt und südlich von Färö sich mit dem durch die Rockall-Rinne fliessenden östlichern Golfstromarme vereinigt. Beide Arme fliessen danach weiter über die Wyville-Thomson-Bank; hierauf biegt der östliche Arm gegen S ab in die Nordsee und erleidet auf der nördlichen Böschung des Nordseeplateaus durch Mischung mit dem Tiefenwasser eine Herabsetzung seines Salzgehaltes, was als eine Wirkung der Friktion gegen den Boden und der Gezeiten zu betrachten ist. Der andere Arm floss im August 1896 gerade durch

gehenden genannten Ursachen zurückzuführen ist: Die Temperatur der Oberfläche des westatlantischen Gebietes bleibt in allen Jahreszeiten fast konstant, während sie im Golfstromgebiete vom Winter zum Sommer bedeutend wechselt (z. B. in der Gegend südlich von Island um ca. 4—5^0). Es ist klar, dass im westatlantischen Gebiete, wo der Wärmeaustausch mit der Atmosphäre, oder die Konvektion, auf Grund der homogenen Beschaffenheit des Wassers, sich sehr viel tiefer erstreckt, im Winter eine Abkühlung der Oberfläche ein geringeres Sinken der Temperatur hervorrufen muss, als in dem ostatlantischen Gebiete, dessen Konvektion sich nur so tief erstreckt, als das Golfstromwasser reicht, d. h. ca. 700—800 *m.*«

Woher die untere Wasserschicht im ostatlantischen Gebiete stammt, oder woher sie ihren höhern Salzgehalt und die höhere Temperatur, welche sie vom westatlantischen Bodenwasser unterscheiden, empfängt, ist nach Pettersson nicht ganz klar; jedenfalls habe der Golfstrom an der Bildung dieses Bodenwassers keinen Anteil.

Was den östlichen (isländischen) Arm des Polarstromes betrifft, so trennt sich dieser »zwischen Jan Mayen und Island von dem grönländischen Eisstrome und fliesst in nahezu südlicher oder südöstlicher Richtung gegen die Nordküste von Island und die Färöer. Zwischen Island und den Färöern begegnet ihm der westliche Arm der Golfstromtrift, und östlich der Färöer fällt er dem Golfstrome in die Flanke und wird von dem wärmern und deshalb relativ leichtern Golfstromwasser überlagert (d. h. im Sommer, denn im Winter oder wenigstens in gewissen Wintern, zu denen die letztverflossenen zu zählen sind, scheint ein entgegengesetztes Verhalten einzutreten, indem das Wasser des arktischen Stromes seinerseits das Golfstromwasser überlagert und sogar in die norwegische Rinne eindringt).

Dieser ostisländische Strom ist nicht nur für die ozeanische Zirkulation im Nordatlantischen Ozeane von Bedeutung, sondern übt auch einen ausserordentlichen Einfluss auf das Klima von Nordeuropa und auf die Fischereiverhältnisse des Nordseegebietes aus.«

Pettersson macht bezüglich dieses Polarstromes darauf aufmerksam, »dass er, obgleich er ein arktischer Strom ist und einen bedeutenden, wenn nicht den grössten Teil der dem Polarmeere entfliessenden Wassermassen nach südlichern Gegenden abführt, dennoch eine östliche, der ablenkenden Komponente der Erdrotation entgegengesetzte Richtung einschlägt, was natürlich nicht ohne besondern Aufwand an Bewegungsenergie geschehen kann. Zweitens ist diese mächtige Meeresströmung ohne jeden sichtbaren Abfluss und scheint sich in dem Golfstromwasser spurlos zu verlieren. Drittens ist der ostisländische Polarstrom in der Regel (nicht immer oder in jedem Jahre) eisfrei.«

Die Wasserzirkulation im Nordatlantischen Ozeane spielt sich nach Pettersson's Auffassung in der Weise ab, dass das Golfstromwasser als Unterstrom entlang der tiefen Rinnen und Mulden des

Meeres nach den westlichen und nördlichen Teilen des Meeres und sogar unter die Eisdecke des Polarbeckens und des grönländischen Meeres gezogen wird, wo es ein Abschmelzen des Polareises bewirkt, wodurch einerseits ein mächtiger Oberflächenstrom (der ostisländische Polarstrom) und anderseits eine kalte Tiefwasserschicht entsteht, die die Eismeertiefe bis zum Rande der unterseeischen Bodenschwellen erfüllt. Der ostisländische Polarstrom bewegt sich gegen diese Schwellen, wo er dem Golfstrome begegnet, und findet für einen Teil seiner Wassermassen über den Färö-Island-Rücken unter dem Golfstromwasser einen Abfluss in die atlantischen Meerestiefen, während der andere Teil längs der Nordseite der Schwellen sich bewegt, wo das arktische Wasser nördlich der Färöer wiederum mit den Golfstromzweigen zusammentrifft und im Sommer als Unterstrom, im Winter sogar als Oberflächenstrom die Mündung der norwegischen Rinne und das Nordseeplateau erreicht und in den letzten Ausläufern in der westlichen Nordsee und im Skagerrak und Kattegat sich verliert.

Die Treibkraft, welche diese Unterströme bewegt, liegt nach Pettersson in dem Vorgange des Eisschmelzens. »Die Eisschmelzung ist aber nicht als eine direkte Energieverwandlung von latenter Wärme in Arbeit aufzufassen, sondern als ein Glied eines thermodynamischen Kreisprozesses, worin eine früher in dem Eise aufgespeicherte potentielle Energie ausgelöst wird. Eine äusserst wichtige Rolle spielt die Eisschmelzung in dem Meere östlich und südlich von Neufundland. Auch hier entsteht ein Strom an der Oberfläche (die sogenannte Golfstromtrift) und eine kalte Bodenschicht, indem das Wasser des Polarstromes unter den Golfstrom sinkt. In dem grössten Massstabe aber äussert sich die Wirkung der Eisschmelzung auf die ozeanische Zirkulation am Eisrande des Antarktischen Meeres. Von dort gehen die kalten Oberflächenströmungen des Indischen, Atlantischen, Pazifischen Ozeans aus, und das untersinkende kalte Wasser bildet die Bodenschicht dieser Meere. Die hydrographische Situation in der Nähe eines solchen Eisrandes ist in den antarktischen Meeren dieselbe wie in den arktischen.

Die Tiefe der antarktischen Eisberge ist so gross (500 *m* und darüber), dass die Abschmelzung des Eises durch den Unterstrom zu einer grossartigen Arbeitsleistung von ca. 7 Meterkilogramm für jedes Kilo geschmolzenen Eises Anlass giebt.

Überall, wo die Eisschmelzung im Meere in grösserem Massstabe vor sich geht, verleiht sie der ozeanischen Zirkulation einen mehr oder weniger ausgeprägten Charakter. Der Unterschied in der Wasserzirkulation des Atlantischen und des Stillen Meeres ist zum grossen Teile auf die verschiedenen Eisverhältnisse in beiden Ozeanen zurückzuführen.«

Schliesslich hebt Pettersson hervor, dass die von ihm nachgewiesene Zirkulation im Nordatlantic »nicht unveränderlich ist,

sondern periodischen und aperiodischen Schwankungen unterliegt. Es giebt z. B. Jahre, in denen der ostisländische Polarstrom nicht eisfrei ist, sondern grosse Massen von Treibeis längs der Nord- und Ostküste hinführt. In solchen Jahren wäre es von Interesse, die Entwickelung und den Zustand des Irminger-Stromes und der übrigen Golfstromzweige zu beobachten, denn Golfstrom und Polarstrom bilden ein jeder das Komplement zu dem andern. In jedem Breitengrade spielt sich der Konflikt der beiden Meeresströmungen ab, beide reichen von den Tropen bis zum Nordpole. Unterwegs überlagern sie einander wechselseitig. In südlichen Breiten überlagert der Golfstrom das arktische Wasser, in nördlichern gewinnt der Polarstrom Oberhand über das atlantische Wasser. Die Überlagerung ist lediglich eine Folge der Temperaturverhältnisse.«

»Man sieht,« sagt Pettersson weiter, »dass im allgemeinen bei den in dem Golfstromgebiete des Norwegischen Meeres vorkommenden Salzgehalten die Überlagerung seitens des arktischen Wassers beginnen wird, wenn die Temperatur unter 5° gesunken ist. Diese Überlagerung kann von verschiedenen Seiten her, von Norden, Nordwesten u. s. w., eintreten. Am merkwürdigsten ist diejenige, welche in den letzten Wintern zwischen den Färöern und der norwegischen Küste stattgefunden hat, wo die Golfstromfläche förmlich in zwei Teile getrennt war durch den Keil von arktischem Wasser, der aus NW gegen die Mündung der norwegischen Rinne vordrang.

Die klimatischen Folgen davon sind leicht zu erklären. Die Vertikalzirkulation erstreckt sich durch die ganze Tiefe der Golfstromwasserschicht, und ebensoweit wie diese mit der Atmosphäre in Kontakt steht, erstreckt sich auch im Winter das barometrische Depressionsgebiet im Norwegischen Meere. Wo sie von einer Schicht arktischen Wassers überlagert wird, wird der Wärmeinhalt des Wassers ausserordentlich schnell erschöpft, weil die Vertikalzirkulation sich nur so tief erstreckt, wie das Wasser von homogenem Salzgehalte ist, d. h. bis zum Niveau des Golfstromwassers. Nur der Golfstrom vermag wegen seiner mächtigen Wärmekapazität die Temperatur der Oberfläche des Eismeeres im Winter auf 5 — 6° zu erhalten. Ringsum sinkt die Oberflächentemperatur rasch, so dass sich die folgenden Isothermen konzentrisch dicht gedrängt um das von der 5°-Isotherme umschlossene Gebiet lagern. Diese hydrographische Situation spiegelt sich in der Lage der atmosphärischen Isobaren der meteorologischen synoptischen Karten ab, wenn diese nach den Mittelwerten aus den Beobachtungen eines längern Zeitraumes konstruiert werden.«

Das Mittelwasser der westlichen Ostsee. Die Bearbeitung der Wasserstände an den sechs westlichen Ostseestationen für die Jahre 1882 bis 1897 ist vom Kgl. Preuss. Geodätischen Institut 1899 beendigt worden.[1])

---

[1]) Veröffentlichungen des Königl. Preuss. Geodätischen Instituts. N. F. No. 4. Potsdam 1900.

»Das Anfangsjahr dieses Zeitintervalles war dadurch gegeben, dass sich die Flutmesser in Marienleuchte und Arkona seit 1882 in Betrieb befanden, und dass die Bearbeitung der ältern Wasserstände in Wismar und Warnemünde bis zum Jahre 1881 einschliesslich geführt worden war. Das Endjahr 1897 war dadurch bestimmt, dass von 1898 ab die Flutmesser in Pillau und Memel im Betriebe sind. Von 1898 ab können daher die Wasserstände längs der ganzen deutschen Ostseeküste von Westen nach Osten verglichen werden, und es beginnt somit eine neue Epoche, die einer spätern Bearbeitung vorbehalten bleibt.

Die Bearbeitung der ältern Wasserstände von 1882—1897 umfasst eine vergleichende Übersicht der direkt beobachteten täglichen Wasserstände um 12^h mittags, sowie der aus Tagesmitteln abgeleiteten Monatsmittel. Sämtliche Beobachtungen sind unter Zugrundelegung des Küstennivellements der Königlichen Landesaufnahme, welches die sechs Flutmesser miteinander verbindet, und unter Festhaltung der frühern Höhenlage des Ausgangspunktes in Swinemünde (— 1.073 *m* über N. N.) auf den Preussischen Normalhöhenpunkt (N. N.) bezogen worden.

Das Gesamtresultat aus den 16 Jahren 1882—1897 ergab unter diesen Voraussetzungen folgende Höhenlage des Mittelwassers über N. N.:

	Travemünde	Marienleuchte	Wismar	Warnemünde	Arkona	Swinemünde
1.	—0.1202	—0.1264	—0.1252	—0.1116	—0.0470	—0.0674 m

Die Resultate sind dann ferner, gleichfalls unter Festhaltung der Höhenlage des vorerwähnten Ausgangspunktes in Swinemünde, zusammengestellt worden: 2. und 3. unter Zugrundelegung der Nivellements des Geodätischen Instituts, und zwar 2. unter Hinzufügung der fehlenden Strecken Travemünde — Marienleuchte und Stralsund — Arkona nach den ältern Messungen der Landesaufnahme, 3. unter Hinzufügung dieser Strecken nach den Ergebnissen des Küstennivellements; sodann ferner 4. unter Zugrundelegung der ältern Nivellements der Landesaufnahme und 5. mit Benutzung aller drei Nivellements. Es ergiebt sich danach folgende Lage des Mittelwassers über N. N.:

	Travemünde	Marienleuchte	Wismar	Warnemünde	Arkona	Swinemünde
2.	—0.0801	—0.1074	—0.1082	—0.0896	—0.0990	—0.0674 m
3.	—0.0801	—0.0854	—0.1082	—0.0896	—0.0720	—0.0674
4.	—0.1301	—0.1584	—0.1322	—0.0766	—0.0500	—0.0674
5.	—0.1101	—0.1274	—0.1222	—0.0926	—0.0610	—0.0674

Berücksichtigt man die frühern Bearbeitungen der Mittelwasser in Travemünde, Wismar, Warnemünde und Swinemünde, so erhält man bei derselben nivellittischen Grundlage wie für 1:

	Travemünde	Marienleuchte	Wismar	Warnemünde	Arkona	Swinemünde
	1855/97	1882/97	1849/97	1856/97	1882/97	1811/97
6.	—0.1387	—0.1264	—0.1230	—0.1068	—0.0470	—0.0655 m

Diese Werte sind indes nicht streng vergleichbar, da sie sich auf verschiedene Epochen beziehen. Streng vergleichbar sind nur die Werte 1; diese sind als Endwerte gewählt worden, ohne sie jedoch als definitive zu bezeichnen, da der Ausgangspunkt in Swinemünde noch des von der Landesaufnahme in Aussicht genommenen Neuanschlusses an den Normalnullpunkt in Berlin bedarf.

Die Gesamtmittel für die 16 Jahre 1882—1897 der aus den täglich um 12^h mittags direkt abgelesenen Wasserstände sind ferner mit den aus den Tagesmitteln abgeleiteten Gesamtmitteln verglichen worden, und zwar einmal das Gesamtmittel aus den rohen Werten, zweitens nach Hinzufügung der Sonnenflutkorrektion für 12^h mittags. Es ergab sich, dass man, falls die Sonnenflutkorrektion genügend sicher bestimmt ist, aus einmaligen täglichen Beobachtungen genau denselben Wert erhält, wie aus dem Verlaufe der kontinuierlichen Wasserbewegung.

Die Vergleichung der Endergebnisse der Mittelwasser für die sechs westlichen Ostseestationen zeigt die Tendenz eines Ansteigens von Westen nach Osten, und zwar ist diese Tendenz ausgeprägt, welches Nivellement man auch zu Grunde legt. Man wird dies vielleicht ungezwungen auf den Einfluss der Winde, und zwar auf das Vorherrschen der Westwinde zurückführen können. Denselben Eindruck erhält man bei der Betrachtung der Jahreskurven der Wasserstände, deren Verlauf eine Parallelität mit den in den verschiedenen Jahreszeiten herrschenden Winden erkennen lässt.«

Untersuchungen über die Strömungen der Ostsee von R. Engelhardt.[1]) In dieser Abhandlung beschäftigt sich Verf. mit der Konstruktion der sogen. Dichtigkeitsfläche im Sinne Mohn's für die gesamte Ostsee, da in diesem Meeresgebiete die Temperatur- und besonders die Salzgehaltsverteilung sehr wechselvoll und für die resultierenden Stromvorgänge von besonderer Wichtigkeit ist. Die Untersuchungen haben zunächst nur ein theoretisches Interesse, und wegen der Einzelheiten muss auf das Original verwiesen werden.

Die Meeresströmungen zwischen Singapore und Taku sind von G. Schott bearbeitet worden.[2]) Für das Gebiet der südlichen Chinasee (zwischen Singapore und Hongkong) bezieht er sich dabei lediglich auf die schon vor 25 Jahren veröffentlichten Angaben des Kapitän Wagner. Im Südwestmonsun existiert eine allgemeine Strömung nach nordöstlicher Richtung, die aber ebenso wie der sie erzeugende Wind nicht so regelmässig und beständig ist, als der durch den entgegengesetzten Monsun erzeugte Südweststrom. Im offenen Meere ist während des Südwestmonsuns der nordöstliche Strom selten stark, hört sogar bei längern Windstillen mitunter ganz auf oder nimmt alle möglichen Richtungen an. Am stärksten tritt er in der Nähe der Küsten, namentlich an den hervorspringenden Kaps, den verschiedenen Inselgruppen und Untiefen hervor. Der nordöstliche Strom zeigt sich zuerst, und zwar schon im Mai, im südlichen Teile des Meeres zwischen Singapore und Pulo Condore, fliesst hier beständig während des ganzen Monsuns und variiert in Stärke zwischen $^3/_4$ und $1^1/_2$ Seemeile die Stunde. Von Süden kommend, nimmt er zunächst eine nordnordöstliche Richtung an, bis er die Küsten von Cambodia und Cochinchina erreicht. Von der Mündung des Saigon-Flusses an biegt er nach ONO um, hat anfangs eine Geschwindigkeit von etwa 1 Seemeile die Stunde, nimmt dann aber schnell zu und erreicht bei Kap Padaran häufig eine Schnelligkeit von 2—3 Seemeilen die Stunde.

Nachdem er diesen Punkt passiert hat, nimmt die Geschwindigkeit bis zu $1—1^1/_2$ Seemeile die Stunde wieder ab.

Im Juni ist der nordöstliche Strom bereits über die ganze China-See ausgebreitet.

---

[1]) Archiv der deutschen Seewarte 22. No. 6.
[2]) Annalen der Hydrographie 1900 p. 428.

Das Gesagte gilt als Regel, doch sind Ausnahmen hiervon nicht selten; überhaupt sind die Strömungen des Südwestmonsuns bei weitem nicht so regelmässig als die des entgegengesetzten Monsuns, weil deren Ursachen — die Winde — sehr unbeständig sind.

Der Strom hört im offenen Meere nach anhaltenden Windstillen fast gänzlich auf, kehrt dann aber oft mit verdoppelter Stärke zurück, sobald der Südwestwind von neuem anfängt durchzuholen.

Im September hört die nordöstliche Strömung auf, worauf sich sehr bald die entgegengesetzte des Nordostmonsuns fühlbar macht, da weiter nördlich dieser Wind bereits in der letzten Hälfte des September einsetzt und die Wassermassen in Bewegung bringt. Schon im Anfang Oktober findet man im nördlichen Teile der China-See überall Südweststrom, der sich schnell nach Süden fortpflanzt und im Dezember und Januar seine grösste Stärke erreicht. Von Norden kommend, fliesst er durch den Formosa-Kanal in südwestlicher Richtung in die China-See ein. Ein Teil der Wassermassen geht nach WSW längs der Südküste Chinas, bei Hainan und westlich von den Paracels vorbei, erreicht schliesslich die Küste von Cochinchina; der Hauptstrom aber behält die durch den Formosa-Kanal angenommene Südwestrichtung bei, fliesst in dieser durch das offene Meer östlich von den Paracels und vereinigt sich bei Kap Varela wieder mit dem westlichen Stromzweige. Diese ganze Südweströmung nimmt, namentlich wenn im Formosa-Kanal der Monsun sehr stark auftritt, eine bedeutende Schnelligkeit an.

Im nördlichen Teile der China-See (zwischen Hongkong und Taku) sind die Strömungen des Südwestmonsuns ebenfalls vergleichsweise schwach und unregelmässig in Richtung und Stärke. Der April ist der Übergangsmonat im Frühjahre; um diese Zeit sind sowohl in der Formosa-Strasse wie im Gelben Meere meist keinerlei reguläre Bewegungen vorhanden.

Für Mai und die folgenden Monate Juni, Juli und August kommen aber die Nordostversetzungen, welche im Gelben Meere zu Nord-, ja Nordwestversetzungen (letzteres zumal auf der östlichen Hälfte dieses Meeres) werden, mehr und mehr zum Durchbruche. Am konstantesten — soweit davon im Sommer die Rede sein kann — ist in der Nähe von den Goto-Inseln und bei Quelpart ein (auch im Nordostmonsun vorhandener) Nord- bis Nordweststrom, und auf der Schantung-Kiautschou-Seite sind Südsüdwest- bis Südwestversetzungen häufig, die sogar im August, zur Zeit des Südostmonsuns, zeitweilig mit über 30 Seemeilen Geschwindigkeit pro 24 Stunden auf der Höhe des Südostvorgebirges von Schantung aufgetreten sind.

Was sonst von der Mitte des Gelben Meeres gemeldet wird, sind bald lediglich schwache Triften nach Norden vor dem südlichen Monsun, bald — besonders oft im Mai und Juni — schwache Versetzungen nach Süden, vielleicht Fortsetzungen des eben genannten Schantung-Stromes.

Im Golfe von Pe-tschi-li kommen ozeanische Strömungen im allgemeinen nicht in Frage.

Im September bereits vollzieht sich für die nördlich von Hongkong gelegene Fahrtstrecke der Übergang zum winterlichen Strombilde, das auch für die Schiffahrt von ungleich grösserer Bedeutung ist als das des Sommers.

Bezüglich des winterlichen Nordostmonsuns muss man zwischen einer auf die offene See beschränkten warmen Strömung, die im allgemeinen Nordost-, bezw. Nordrichtung einhält, und der kalten chinesischen Küstenströmung, welche von Schantung ab der Küste parallel nach S und SW zieht, unterscheiden.

Die warme Strömung, hier bereits Kuro-siwo genannt, ist zwischen Formosa und Japan nicht von der Bedeutung für die Schiffahrt wie an den Südküsten der japanischen Inseln (van Diemen-Strasse bis Yokohama), aber doch wichtig genug. Nahe der Ostküste von Formosa läuft das warme blaue Wasser meist mit erheblicher Schnelligkeit nach NNO bis NO gegen den Nordostmonsun an; ja auch an der Westküste Formosas findet man warmes Wasser fast bis Tamsui hinauf mitten im Winter, meist auch verbunden mit schwachen Nordversetzungen, so dass wir sicher sind, dass ein schmaler warmer Stromzweig an der Südspitze Formosas vorbei in die Formosa-Strasse hinein dicht unter der Westküste der Insel hinzieht und damit gewaltige Gegensätze zu den Verhältnissen an der Festlandsküste schafft. Nordwärts von Formosa ist der Kuro-siwo im Winter unzuverlässig, da es vorkommt, dass der durchschnittlich heftig wehende Nordostmonsun ihn zum Stillstande bringt.

Die Abzweigung, die er in das Gelbe Meer an dessen östlicher Seite nordwärts sendet, ist meist sehr gut konstatierbar, zumal in der Gegend von Quelpart; es ist dies dieselbe Stromrichtung, die schon für den Sommer für diese Gegend angegeben wurde; sie ist erklärlich, es muss Ersatz geschafft werden für das abfliessende Wasser der kalten chinesischen Küstenströmung.

Diese letztere kommt aus dem Golfe von Pe-tschi-li, setzt mit grosser Kraft südwärts am Schantung-Vorgebirge (wo aber dicht unter Land auch Neerströme nach Norden auftreten), fliesst dann nach SSO bis zur Höhe der Tschusan-Inseln und dann nach SW bis Hongkong. Ihr Wasser ist schmutzig grün bis hellgrün, sehr kalt, haben wir doch im Golfe von Pe-tschi-li im Hochwinter Temperaturen von nur 2 — 3° und es kommt deshalb noch mit nur rund 13° im Februar bei Breaker Point in der Formosa-Strasse an, während man an der Formosa-Küste 22—23° findet.

Die antarktischen Meeresregionen schilderte Dr. Aretowski auf Grund seiner Erfahrungen während der Expedition der »Belgica.«[1])

[1]) 72. Vers. deutscher Naturforscher zu Aachen 1900. Gaea 1900. p. 754.

In der unmittelbaren Nähe der Feuerland-Insel beträgt die Tiefe des Meeres etwa 300 *m*, um dann in plötzlichem Abfallen auf 1800 und weiterhin auf 4000 *m* zu steigen, welch letztere Tiefe dann mit Schwankungen um etwa 200 *m* die allgemeine ist. In den antarktischen Regionen, bei Grahamland, wurden besonders häufig Lotungen vorgenommen. Die wichtigsten Resultate dieser Arbeit sind, dass man zwischen den Shetlandinseln und Feuerland pelagische Sedimente fand, in denen man festländische Bestandteile entdeckte, wie Sand und kleinere Steine. Südlich vom Polarkreise holte man sogar grössere Blöcke aus der Tiefe herauf. Um die Frage zu lösen, woher dieses terrestrische Material stamme, wurde eine Exkursion auf die Eisberge unternommen, welche ergab, dass dieses terrestrische Material dorther stammt. Indem Aretowski die Erklärung des Prof. Heim-Zürich erwähnt, dass die antarktischen Eisberge Massen von Feldeis seien, sowie dass dieses Eis grün sei, tritt er dieser Ansicht entgegen und betont zunächst, dass das Eis schön blau gefärbt sei. Bei der Überwinterung der »Belgica« fanden sich in nächster Nähe 200 Eisberge, bei denen viele arktische Formen zeigten. In diesen Eisbergen zeigten sich blaue und weisse Bänder, über deren Herkunft eine gesicherte Ansicht nicht besteht. Aretowski geht dann zur Herkunft der antarktischen Eisberge, zu den Gletschern über. Es ist zweifellos, dass die Eisberge aus kontinentalem Eise bestehen. Am Anfange des flämischen Fjords in Grahamland fanden sich zahlreiche Gletscher, vor denen Eisberge lagen. Der antarktische Gletscher unterscheidet sich wesentlich ebenso von dem alpinen, wie von dem Grönlands, nur auf Franz Joseph-Land finden sich einigermassen ähnliche. Bei 64° südl. Br. reicht die Schneegrenze bis auf 30 *m* über Meereshöhe, 1° südlicher an der pazifischen Seite sogar bis an den Meeresspiegel hinab. Ja nach der Temperatur und der Grösse des Landes erreicht die Dicke der alles bedeckenden Schnee- und Eisschicht eine ausserordentliche Stärke, wie Kapitän Ross bei seiner Fahrt auf eine Eismauer stiess, deren Tiefe ungefähr 400 *m*, deren Höhe etwa 60 *m* betrug. Bei derartigen Eismengen ist es kein Wunder, dass zur Gletscherbildung nicht einmal Thäler und Mulden nötig sind. Infolge dieser Schnee- und Eisschicht ist es sehr schwierig und teilweise unmöglich, die wirkliche Landoberfläche festzustellen; man kann dieselbe nur in etwa nach der Richtung der Gletscher und Spalten bestimmen. Häufig fanden sich Moränen, ohne dass sich ein Gletscher zeigte, der sie gebildet hätte. Man muss annehmen, dass in der Eiszeit das ganze Gebiet noch mehr vergletschert war, und dass später manche Gletscher vom Meere überspült wurden, wie Aretowski von einem Gletscher berichtet, der in einer Tiefe von 600 *m* unter einem 10 Seemeilen breiten Meeresarme zwei von ihm gebildete Moränen verbindet.

9. Quellen und Höhlen.

Heisse Quellen im Thale des Songwe-Flusses haben Dr. Fülleborn und Oberleutnant Glauning entdeckt. Sie berichten darüber folgendes: »Diese Quellen liegen $4^1/_2$ Stunden nordwestlich der Herrnhuter Missionsstation Utengule. Der Weg dorthin führt zuerst durch das Verbreitungsgebiet vulkanischen Gesteines, später bei seiner Annäherung an den rechten Abhang des Songwe-Thales über Sedimentgestein. Der Abhang fällt hier etwa 200 *m* fast senkrecht ab und besteht in seinem obern Teile aus einer etwa 15 *m* mächtigen Schicht von Konglomeraten, darunter rotem Sandstein in fast ungestörter horizontaler Lagerung von 150 *m* Mächtigkeit. In der Thalsohle steht Marmor an, der sich auf dem linken Songwe-Ufer zu einem Bergrücken von etwa 150—200 *m* Höhe erhebt. Der Marmor ist zum Teil weiss, zum Teil zeigt er rote und schwarze Bänderung. Die Sandsteinformationen zeigen die an das Elbsandsteingebirge erinnernde typische Form der abgestumpften Pyramide.

Dass in diesem Thale heisse Quellen beim Dorfe Pilansimba vorkommen, war schon früher bekannt und über dieselben vom Bezirksamtmann v. Elpons seiner Zeit an das Gouvernement berichtet worden. Jedoch sind diese Quellen im Verhältnisse zu den am heutigen Tage entdeckten unwesentlich.

Etwa 45 Minuten westlich der eben erwähnten Quellen liegen im Berghange auf dem linken Songwe-Ufer ausgedehnte Höhlen, welche den Missionaren schon früher bekannt waren und auch von Europäern in ihrem vordern Teile besucht worden sind. Am 8. Juni wurden die Höhlen von Oberarzt Dr. Fülleborn in Begleitung des Missionars Kootz bei Fackelbeleuchtung eingehender erforscht. Diese Höhlen dienten früher der Bevölkerung als Zufluchtsstätten und sind daher in ihrem vordern Teile mit Lagerstätten und Vorrichtungen zum Anbinden des Viehes versehen. Der Eingang ist verschanzt. Das Innere der Höhlen, in das bis auf etwa 1 *km* vorgedrungen wurde, ist mit einer dicken Schicht von Fledermausguano bedeckt und zeigt hohe Dome und lange Galerien.

Tropfsteingebilde sind nur sehr spärlich vorhanden. Das äusserste Ende der Höhlen, in dem sich ein Fluss befinden soll, konnte grosser Terrainschwierigkeiten wegen nicht erforscht werden.

Eine halbe Stunde von den ersterwähnten Quellen, nahe beim Dorfe Livesia, liegen in einer Höhe von etwa 1100 *m* am linken Abhange des Songwe-Flusses die Maronde-Quellen. Die zahlreichen Dumpalmen und in Buschform vorkommenden Phönixpalmen (wilde Dattelpalmen), die jenseits des Songwe-Flusses sich erhebenden schroffen Sandsteinformationen, überragt von der gewaltigen Bergkette des Mbeye, gestalten hier die Gegend zu einem Landschafts-

bilde von entzückendem Reize. Der Ort selbst erscheint in einer Ausdehnung von 200 *m* und in einer Höhe von 50 *m* durch Sinterbildungen schneeweiss, den Enden eines Gletschers nicht unähnlich. Hier entspringen nebeneinander fünf grössere wasserreiche Quellen. Dieselben strömen in einem etwa 50 *m* breiten, flachen Strome den Bergabhang herab. Die durch Algen bedingte grüne, orangegelbe, rotbraune und graue Färbung des überrieselten Gesteines steht in eigenartigem Gegensatze zu der blendend weissen weitern Umgebung. Auch finden sich hier Sinterterrassen von schönen Formen und Farben, die im kleinen an die Neu-Seeländer Geysire erinnern. Die Temperatur der Quellen betrug etwa 70°. Ferner befinden sich etwa 15 *m* oberhalb an einer 10 *m* hohen Felswand ebenfalls durch Sinter hervorgerufene tropfsteinartige Säulenbildungen. Auffällig erscheint es, dass in diesem heissen Wasser zahlreiche Algen vegetieren, welche streckenweise durch Ausscheiden von Kalk zur Bildung einer auf dem Wasser schwimmenden festen Kruste geführt haben. 25—30 *m* oberhalb der untern Quellen liegen auf einem Plateau mit senkrecht abfallenden Wänden 8—10 Erdlöcher, die brodelndes Wasser enthalten, auf eine Längenausdehnung von etwa 200 *m* verteilt. Die Umgebung derselben war mit dichtem Rasen bedeckt. Das grösste dieser Erdlöcher, das eingehender untersucht wurde, hatte einen Durchmesser von 1—1.50 *m*, eine Wassertiefe von 1.50 *m*. Die Wassertemperatur betrug 43°. In dieser Quelle stiegen zahlreiche Kohlensäureblasen auf. Das Wasser enthielt anscheinend kohlensaure Alkalien in grösserer Menge. Das Wasser erwies sich als sehr wohlschmeckend und entspricht dem Geschmack nach etwa dem Emser Wasser.«[1])

Höhlenbildungen in Mexiko. Über dieselbe teilt J. Felix[2]) mit, dass das Gebiet der mexikanischen Republik zweifellos reich an Höhlen sei. Zwar ist über dieselben noch wenig bekannt, doch scheint so viel festzustehen, dass die Mehrzahl derselben sich in kretaceïschen Kalken eingesenkt findet. Durch diesen Reichtum an Höhlen wird im Vereine mit der Bildung von Karrenfeldern an der Oberfläche der Kalke und der Wasserarmut der meisten derartigen Gebiete eine ziemliche Ähnlichkeit mit den europäischen Karstdistrikten erzeugt. Vermehrt wird diese Ähnlichkeit noch dadurch, dass einige dieser vom Verfasser selbst untersuchten Höhlen sich zweifellos als alte Wasserläufe herausstellten. Reste von fossilen Tieren wurden bisher nirgends in diesen Bildungen angetroffen. Verfasser geht dann des nähern auf einzelne dieser Höhlen ein und schildert die bei Cacubuamilpa im Staat Guerrero, die in der Umgebung von Orizaba im Staate Vera Cruz und solche aus der Umgebung von Tlaxiaco

---

[1]) Mitteilungen aus den Deutschen Schutzgebieten 1900. p. 18.
[2]) Beitr. z. Geolog. u. Paläontol. d. Republ. Mexiko Teil 2. 1899.

im Staate Oaxaca. Eine dieser letztern Höhlen wurde wahrscheinlich als Tempel benutzt, dessen Eingang von dem alten Indianervolke der Zapoteken bei Ausbreitung des Christentums vermauert wurde. Trotzdem man bereits einen etwa 10 *m* langen Gang in dieses Mauerwerk getrieben hat, ist es noch nicht gänzlich durchbrochen, und die wahrscheinlich hochinteressanten Schätze dieses Höhlentempels harren noch heute der Hebung, obgleich sie wohl viel zur Klärung beizutragen vermöchten.[1])

Blaue Grotte auf der Insel Zante. Dieselbe befindet sich an der Nordostseite des Vorgebirgs Skhinari und ist unlängst von einem dortigen Anwohner entdeckt worden. Sie unterscheidet sich durchaus nicht von der berühmten blauen Grotte auf Capri. Infolge einer eigenartigen Brechung der Sonnenstrahlen auf dem in der Grotte befindlichen Meerwasser werden alle in das Wasser eingetauchten Körper von einer lebhaften silberblauen Farbe umspielt, so dass sich der Beschauer vor einem interessanten und zauberhaften Schauspiele befindet. Die neue blaue Grotte von Zante ist zwar am Eingange grösser als die auf Capri, jedoch im Innern niedriger und hat auch im allgemeinen eine geringere Ausdehnung. Ein gewöhnliches Fischerboot kann bequem bis zur Innenseite fahren, wo sich eine kleinere zweite Abteilung öffnet, von wo aus man, sich vorbeugend, eine kleinere zweite Grotte bemerkt, in deren Tiefe das dort befindliche Meerwasser aufs lebhafteste phosphoresziert, indem es seine Beleuchtung durch eine Öffnung erhält, die mit der Oberfläche des äussern Meeres in Verbindung steht.

10. Flüsse.

Der Elbstrom bildet den Gegenstand einer auf staatliche Veranlassung ausgearbeiteten hydrographischen, wasserwirtschaftlichen und wasserrechtlichen Darstellung aller ihn betreffenden Thatsachen und Verhältnisse, soweit solche überhaupt zur Zeit eruierbar sind, und liegt das Ergebnis in einem grossen Werke mit Atlas vor.[2]) Der Ausgangspunkt für diese Arbeiten war die regierungsseitig angeregte Frage nach Massregeln zur Vorbeugung der Hochwassergefahr und der Überschwemmungsschäden. Dadurch wurde es notwendig, eine auf den

---

[1]) Globus 77. S 134.

[2]) Der Elbstrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse. Im Auftrage der deutschen Elbuferstaaten und unter Beteiligung des preussischen Wasserausschusses, herausgegeben von der Königl. Elbstrombauverwaltung zu Magdeburg. 3 Bände und Atlas. Berlin, Verlag von Dietrich Reimer (Ernst Vohsen).

besten Quellen beruhende Darstellung der klimatischen, geologischen und orographischen Verhältnisse des Stromgebietes zu gewinnen, und diese Seite des grossen Werkes ist es, welche geographisch und naturwissenschaftlich die Bedeutung desselben charakterisiert. Denn indem hier alles, was zur Zeit auf diesem Gebiete in Beziehung zum Elbstromsysteme bekannt ist, von kompetenter Seite zusammen getragen und diskutiert wird, ist eine Grundlage gegeben, an die alle weitere Forschung in dieser Richtung anschliessen und darauf fortbauen muss.

Unter Zugrundelegung dieses grossen Werkes soll hier eine kurze Darstellung der geographischen und hydrographischen Verhältnisse des Elbstromsystems gegeben werden.

Die Elbe entspringt auf dem südlichen Abhange des Riesengebirgshauptkammes. In diesen haben die von dem moorigen Boden des Hauptrückens herabfliessenden Niederschläge schluchtenartige Querthälchen eingeschnitten, die unter dem Namen der »Sieben Gründe« bekannt sind.

Von den beiden bedeutendsten Quellbächen entspringt der Elbseifen in + 1390 *m* Meereshöhe aus einer starken Quelle, dem Elbbrunnen, und fällt nach einem 1 *km* langen Laufe in mehrern Absätzen 250 *m* tief zum Elbgrunde, einer engen Felsschlucht, herab. Der andere Hauptbach, das Weisswasser, hat seinen Ursprung in nahezu + 1400 *m* Meereshöhe und ist wasserreicher, als der Elbseifen. An dem Nordfusse des steil zum Thale abfallenden böhmischen Parallelkammes entlang strömen der Elbseifen von Westen, das Weisswasser von Osten einander entgegen, durchbrechen nach ihrer Vereinigung in + 768 *m* Meereshöhe den südlichen Parallelrücken und bilden nun bis zum Austritte aus dem eigentlichen Riesengebirge bei Hohenelbe ein Querthal. Die allgemeine Richtung des Flusses ist zwar eine nord-südliche, doch beschreibt er zahlreiche Windungen. Die ungleiche Gesteinsbeschaffenheit vornehmlich bewirkt den Wechsel der Thalbreite, welche zwischen 20 und 150 *m* schwankt. Infolgedessen ist auch das Gefälle ein sehr ungleichmässiges. Die Thalgehänge sind überall steil und werden fast nur von kurzen schluchtartigen Seitenthälchen durchfurcht. Bei Hohenelbe verlässt der Fluss das Gebiet der archäischen Gesteine und tritt, seine nord-südliche Richtung noch weiter innehaltend, in den Sandstein des Rotliegenden ein. Hierbei erweitert sich das Thal auf 600 bis 700 *m*, verschmälert sich aber auf der Strecke von Pelsdorf bis Arnau, auf welcher der Fluss eine südöstliche Richtung einschlägt, wieder auf 200—300 *m*. Die Thalwände sind überall steil und durchschnittlich 40 bis 50 *m* hoch. Sowie die Elbe bei Arnau in die südliche Richtung zurücklenkt, schwillt die Breite des Thales wieder auf 500 *m* an, aber schon nach wenigen Kilometern ändert es seinen Charakter durchaus und erscheint bis Königinhof als ein enges Erosionsthal mit 100—150 *m* hohen Wänden, in welchem neben dem Flusse kein Raum für eine Sohle übrig bleibt.

Von Königinhof ab fliesst die Elbe in einem bis zu 2 *km* breiten, mit ihren Alluvionen angefüllten Thale, welches nur auf einer Strecke von 3.5 *km* in den Quadersandsteinen von Kukus noch einmal eingeengt wird. Dieser Charakter eines Flachlandstromes eignet der Elbe nunmehr fast während ihres gesamten Verlaufes in dem nordböhmischen Kreidegebiete; nur bei Elbe-Teinitz, wo sie den 3 *km* breiten Ausläufer des Eisengebirges durchbricht, und bei Kolin, wo sie den Nordrand des böhmisch-mährischen Gneisgebietes anschneidet, wird sie noch einmal durch Felsgestein eingeengt.

Im böhmischen Becken erscheint die Moldau und nicht die Elbe als der Hauptfluss. Sie nimmt ihren Ursprung in den mittlern Teilen der Sumava. Die ausgebreiteten Hochmoore, welche sich auf dem undurchlässigen Urgesteinsboden gebildet haben und gleich Schwämmen das atmosphärische Wasser aufsaugen und den Überschuss als treffliche Regulatoren

des Zu- und Abflusses langsam von sich geben, speisen ihre Quellflüsse, und weithin verrät das dunkle, aber nicht trübe Moldauwasser diesen seinen Ursprung. Die Moldau, deren hauptsächlichster Quellfluss am Schwarzberg in + 1172 *m* Höhe entspringt, fliesst von Aussergefild bis Hohenfurth (+ 513 *m*) in einem gewiss überaus alten, ausgesprochenen Längsthale des Hohen Böhmerwaldes. Die Gebirgskämme fallen zu beiden Seiten tief in das Thal hinab. Anfänglich in engem Bette einherbrausend, schleicht der Fluss von Ferchenhaid bis südlich Unter-Wuldau in einer 50 *km* langen und 2—3 *km* breiten, ganz mit Torf erfüllten Senke trägen Laufes dahin. Abgelenkt durch das von Süden her an das böhmische Becken herantretende österreichische Granitmassiv, welches nahe seinem Nordrande die Wasserscheide zwischen Nordsee und Schwarzem Meere trägt, wendet sich die Moldau nach Osten, vollzieht unterhalb Hohenfurth eine scharfe Umbiegung nach Norden und schlägt damit eine der Hauptabdachung des böhmischen Beckens entsprechende Richtung ein, die sie nunmehr bis zu ihrer Vereinigung mit der Elbe ziemlich genau innehält.

Nach Vereinigung der Moldau mit der Elbe bei Melnik hat das Flussthal eine zwischen 2—4 *km* schwankende Breite und ist mit alluvialen Ablagerungen bis zu einer Höhe von etwa 5 *m* über dem gewöhnlichen Wasserstande angefüllt. Zwischen Lobositz und Aussig durchbricht die Elbe das böhmische Mittelgebirge in einer engen, am Grunde etwa $^3/_4$ *km* breiten Spalte, von welcher das Flussbett ungefähr den vierten Teil einnimmt. Von Aussig ab, wo die Elbe nach Osten umlenkt und so die Richtung der Biela fortsetzt, nimmt die Breite des Thales wieder um das Doppelte zu, erleidet zwischen Gross-Priesen und Tischlowitz eine abermalige Einengung und öffnet sich von Neschwitz ab zu dem fast 2 *km* breiten Thalgrunde von Tetschen.

Auf der zuletzt betrachteten Strecke ihres Laufes ist die Eger der bedeutendste Nebenfluss der Elbe. Die Eger bildet auf der Hochfläche des Fichtelgebirges zunächst eine ziemlich flache Thalmulde, erst am Ostabfalle zum Egerbecken von Hohenberg ab ein enges Felsenthal. In den Tertiärbecken von Eger, Falkenau und Komotau—Saaz ist das Egerthal breit, hat niedrige und sanft geböschte Gehänge und ist zumeist, wie auch seine Nebenthäler, von Moor und Torf erfüllt; dagegen ist es eng und von steilen Gehängen eingeschlossen auf den Strecken, wo es Felsgestein durchbricht, in der aus Phyllit bestehenden Brücke zwischen Erzgebirge und Kaiserwald bei Mariakulm, in dem Granite des Kaiserwaldes oberhalb Karlsbad und am Nordfusse des Duppauer Basaltgebirges. Von Postelberg ab tritt die Eger in das Kreidegebiet, in welchem ihr Thal eine sehr verschiedene Breite und bald höhere, bald flache Ufer besitzt; der Flusslauf ist sehr gekrümmt und vielfach von sumpfigen Auen begleitet.

Zwischen Tetschen und Pirna durchbricht die Elbe das Elbsandsteingebirge in einer kañonartigen Thalrinne. Bis Herrnskretschen ist die Richtung des Stromes von Süden nach Norden; die Thalsohle hat kaum 200 *m* Breite und wird fast ganz vom Flussbette eingenommen; jäh erheben sich aus ihr die Sandsteinfelsen bis zu einer Höhe von mehr als 200 *m* über dem Flussspiegel; so steil ist ihr Absturz, dass sie an ihren obern Rändern nur 700—1000 *m* voneinander entfernt sind. Von Herrnskretschen ab schlägt der Fluss eine nordwestliche bis westnordwestliche Richtung ein. Diese letztere bezeichnet die Linie, auf welcher die geringe nordöstliche Schichtenneigung der Sandsteinplatte sich verliert und in das zunächst ebenso geringfügige entgegengesetzte Einfallen übergeht, welches mit der Lausitzer Granitüberschiebung zusammenhängt.

Zwischen Tetschen und Pirna hat die Elbe auf $44^1/_2$ *km* nur 10.7 *m* Gefälle; viel beträchtlicher ist das der einmündenden Bäche, welche in kurzem Laufe von der Hochfläche zum Elbspiegel herabstürzen. Doch ist ihr Gefälle kein gleichmässiges, sondern im Unterlaufe viel grösser als im Oberlaufe. Am Verlaufe der über ihren heutigen Thalsohlen vorhandenen Terrassen kann man erkennen, dass die Bäche einst in höhern, bedeutend

weniger geneigten Betten flossen, welche in einen ebenfalls hoch über dem gegenwärtigen gelegenen Thalboden der Elbe einmündeten. Mit der Vertiefung des Elbbettes in einer Periode energischer Erosionsthätigkeit vermochten sie nicht Schritt zu halten, und so ist ihr Längsprofil mit dem flachen, noch auf den obern Terrassen verweilenden Oberlaufe und dem plötzlich herabstürzenden Unterlaufe noch weit von der normalen Gefällskurve entfernt.

Bei Pirna tritt die Elbe aus ihrem engen Felsenthale in eine weite Thalniederung, welche sich in einer Breite von 3—5 *km* bis gegen Meissen erstreckt. Das linke Gehänge bilden bis jenseits Kötzschenbroda die Plänerschichten, welche die unterhalb Pirna fast ganz auf das linke Elbufer beschränkte Kreideformation aufbauen. Dieser linke Thalrand zeigt bei der Weichheit des Materiales eine sanfte Abböschung; dagegen erhebt sich auf dem rechten Ufer der Granit der Lausitzer Platte steil bis zu 200 *m* aus dem Thale. Die Elbe fliesst zunächst bis Haidenau nahe dem linken Gehänge, setzt dann zum rechten hinüber und bleibt von Pillnitz bis Loschwitz auf dieser Seite, stellenweise hart an den Fels herantretend. Bei Dresden kehrt sie wieder an die linke Thalflanke zurück.

Die Ablagerungen in dem Thalkessel gehören dem Diluvium und dem Alluvium an; die höchste Stufe bildet die breite Terrasse der Dresdener Heide, die auf dem rechten Elbufer dem Abfalle der Lausitzer Granitplatte vorgelagert ist. Ebenfalls zum ältern Diluvium gehören noch die aus Schottern, Kiesen und Sanden bestehenden Schuttkegel an der Einmündung der Nebenflüsse. Solche finden sich besonders auf dem rechten Ufer der Elbe unterhalb Pirna im »Pillnitzer Tännigt«, auf beiden Ufern bei Dresden, wo von links die Weisseritz, von rechts die Priessnitz das Material herzugeführt haben, und auf dem rechten Ufer zwischen Koswig und Oberau. Diese Schuttkegel gaben Veranlassung zu den Windungen des Elblaufes.

Die stellenweise mit Dünen bedeckte Heide erhebt sich ungefähr 50 *m* über die jungdiluviale, von Thalsanden gebildete Terrasse, und in diese sind die alluviale Elbrinne und einige verlassene Flussarme eingesenkt, welche nur noch bei Hochfluten unter Wasser gesetzt werden. Oberhalb Meissen erhebt sich auf dem rechten Ufer der Elbe das granitische Spaargebirge, welches, von allen Seiten von Thalboden umgeben, wie eine Insel aus ihm aufragt.

Von Meissen ab bis Alt-Hirschstein bildet die Elbe wieder ein enges Erosionsthal im Nordwestzipfel des Meissener Syenitgranitmassivs. Alt-Hirschstein betrachten wir als den Grenzpunkt zwischen dem Gebirgs- und dem Flachlandslaufe des Elbstromes.

Den bedeutendsten Zufluss der Elbe von der Abdachung des Erzgebirges bildet die Mulde, die allerdings erst innerhalb des Norddeutschen Flachlandes in sie mündet. Die Zwickauer Mulde nimmt ihren Ursprung in dem mit Torf erfüllten flachen Becken der Phyllitregion des westlichen Erzgebirges und tritt bald in den Eibenstocker Granitstock ein, in welchem sie ein vielfach gewundenes, ziemlich tiefes und schmales, wenn auch gelegentlicher, unbedeutender Ausbildung nicht gänzlich entbehrendes Erosionsthal eingefurcht hat. Eng und tief bleibt das Thal auch nach dem Verlassen des Granites, von welchem bei Aue noch einmal die Gehänge gebildet werden, in dem Schiefergebiete; sobald sie aber bei Zwickau die steil aufgerichteten paläozoischen Schichten des Erzgebirgssattels verlässt, nimmt in den obern lockern Gesteinen des Rotliegenden, welches den Untergrund des in seiner grössten Breite von ihr durchströmten, erzgebirgischen Beckens bildet, das Thal beträchtlich an Breite zu, und die Gehänge werden in gleichem Masse niedriger. Unterhalb Glauchau tritt die Mulde aus dem erzgebirgischen Becken aus, um in gleicher Richtung wie letzteres den mittelgebirgischen Sattel zu durchschneiden. Seine äussere Phyllitzone durchsägt sie bei Remse in engem Einschnitte, nachdem sie zuvor ihr Bett seebeckenartig erweitert hat. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich gleich darauf bei Waldenburg vor der noch härtern Glimmer-

schieferzone und, unmittelbar anschliessend, noch einmal vor dem Riegel der Wolkenburger Granitgneise. Den Granulitkern des Mittelgebirges durchnagt die Mulde in vielfach gewundener, enger und tiefer Thalrinne mit zumeist steilen und felsigen Gehängen. Unterhalb Rochlitz verlässt die Mulde den nördlichen Schiefermantel des mittelgebirgischen Sattels und durchströmt, den bisherigen Charakter ihres Thales wahrend, die mächtigen Porphyrdecken des nordsächsischen Beckens. Bei Sermuth vereinigt sie sich mit der Freiberger Mulde.

Die Freiberger Mulde legt die erste Hälfte ihres nordwestlich gerichteten Laufes in dem östlichen Gneisgebiete der Erzgebirgsabdachung zurück. Wie innerhalb dieses, so ist auch von Siebenlehn ab in den paläozoischen Schiefern und von Rosswein ab in den mannigfaltigen krystallinen Schiefern des in seinem nordöstlichen Ende von ihr durchquerten Mittelgebirgssattels ihr Thal grösstenteils sehr eng.

Zwischen Grimma und Wurzen hören die Thalgehänge nach und nach auf, aus Porphyr zu bestehen, und werden von diluvialen Ablagerungen, zumeist alten Flussschottern, gebildet; gleichzeitig stellt sich eine stellenweise sehr deutlich entwickelte jungdiluviale Thalterrasse ein, welche, entweder auf beiden oder nur auf einer Seite des heutigen Flusslaufes erhalten, den letztern bis zur Mündung begleitet.

Der Eintritt des Elblaufes in das Flachland vollzieht sich nicht unvermittelt; immerhin lässt er sich mit einiger Berechtigung an eine bestimmte Stelle, bei dem Dorfe Alt-Hirschstein, verlegen. Hier nämlich erweitert sich das oberhalb enge und tief eingeschnittene Elbthal nicht unbeträchtlich dadurch, dass sich auf dem linken Ufer zwischen dem altdiluvialen Plateau, dessen Rand durch die Ortschaften Alt-Hirschstein, Heyda und eine von letzterem Orte nach Norden gezogene Linie bezeichnet wird, und dem alluvialen Schlicksaume, der in einer Breite von etwa 2 *km* das Flussufer begleitet, eine jungdiluviale, aus Thalsand und Thallehm gebildete, bis zu 10 *km* breite Terrasse einschiebt. Sie erhebt sich über die alluviale Thalsohle um etwa 5 *m* und liegt um 15—20 *m* tiefer als das Plateau.

Zwischen Elsterwerda, welches nahe dem Nordrande des etwa 10 *km* breiten Thales liegt, und dem südwestlich davon an dem gegenüberliegenden Rande gelegenen Frauenhain nimmt das Hoyerswerda—Magdeburger Thal eine zur Verbindungslinie beider Orte ungefähr rechtwinkelige Richtung nach Nordwesten an, die es bis zu einer annähernd durch die Städte Jessen und Pretzsch bezeichneten Linie innehält.

Von einzelnen hügeligen Erhebungen abgesehen, besitzt die Thalniederung in ihrem südlichsten Teile eine + 100 *m* kaum erreichende Meereshöhe und senkt sich bis zu der Linie Jessen—Pretzsch um ungefähr 30 *m*. Auf der annähernd in der Mitte dieses Abschnittes gelegenen Linie Herzberg—Torgau besitzt sie noch eine Erhebung von etwa + 82—84 *m* über dem Meeresspiegel. Ihr Boden besteht zum grössten Teile aus feinem oder gröberem und vielfach ziemlich scharfem Sande. Im tiefern Untergrunde trifft man wohl überall auf groben Kies. Auch lehmige Bildungen nehmen in nicht ganz unbeträchtlichem Umfange an der Bodenbedeckung der Niederung Anteil und besitzen unter einer Decke von Thalsand eine vielleicht noch grössere Verbreitung. Ihre grosse Ähnlichkeit mit dem »Aulehm« oder Schlick der rezenten Elbaue machen es wahrscheinlich, dass sie von Gewässern abgesetzt wurden, die aus denselben Gebieten herkamen, aus denen ersterer herstammt. Auch ein Teil der kleinen Gerölle des Thalsandes weist auf das obere Elbgebiet als ihren Ursprungsort hin. Es folgt daraus, dass an der Entstehung der Niederung am Ende der Diluvialzeit auch von Süden kommende, im Thale der heutigen Elbe und wohl auch in dem im Verhältnisse zu seinem Wasserlaufe auffallend breiten Röderthale strömende Wasser mitgearbeitet haben. Die Niederung erscheint so als ein vollkommenes Analogon der im Norden des Flämings sich ausbreitenden und viel genauer durchforschten, welche gleichfalls durch die Vereinigung mehrerer Schmelzwasserzüge entstanden ist.

Die Saale, welche links der Elbe ihre Wasser zuführt, liegt im Oberlaufe von ihrem Ursprunge am Fusse des Zeller Felsen am Nordwestrande des Fichtelgebirges in etwa 700 *m* Meereshöhe bis Saalfeld in den archäischen und paläozoischen Schiefern der Erzgebirgs- und Frankenwaldabdachung, in welche sie sich ein enges, immer tiefer einschneidendes und stark gewundenes Thal eingegraben hat. Steil fallen die Gehänge zu der ganz schmalen, auf weite Strecken sogar völlig vom Flussbette eingenommenen Thalsohle ab.

Hoch über dem Bette der Saale verläuft auf der Abdachung des Frankenwaldes ein ehemals zusammenhängender, jetzt in einzelne Parzellen geteilter breiter Schotterzug, der eine frühdiluviale Thalsohle der Saale bezeichnet. Da er sich aber nicht zum Fichtelgebirge verfolgen lässt, so scheint der oberste Lauf der Saale jüngern Ursprunges zu sein. Seit der Ablagerung dieser Schotter hat eine energische Erosionsthätigkeit das Bett des Flusses in mehrern durch Zwischenterrassen angedeuteten Etappen bedeutend tiefer gelegt. Am Rande des Gebirges oberhalb Saalfeld liegen die alten Schotter bis zu 150 *m* über seinem gegenwärtigen Spiegel. Anzeichen eines noch ältern, tertiären Laufes sind bei der Saale nicht vorhanden. Dies ist dagegen bei der benachbarten Weissen Elster der Fall, deren Thal auf der Abdachung des Vogtlandes ganz den gleichen Charakter wie der Oberlauf der Saale besitzt.

Nachdem die Elbe in der Höhe von Burg den Nordrand des Flämings erreicht hat, tritt sie in ein von den bisher durchflossenen ganz abweichendes Gebiet ein. Strömte sie während ihres bisherigen Laufes in einem in das Diluvialplateau eingesenkten, mehr oder weniger breiten Thale mit nur an den Einmündungen von Nebenflüssen unterbrochenen Thalwänden, so gestaltet sich im Norden des Flämings die Verteilung von Höhenboden und Thalniederung ganz anders; die Hochfläche bildet nicht mehr ein geschlossenes Ganzes, sondern ist in zahlreiche getrennte Platten von sehr verschiedener Ausdehnung aufgelöst, welche gleich Inseln aus einer sie allseitig umgebenden Niederung aufragen.

Diese eigentümliche Oberflächengestaltung verdankt das so begrenzte Gebiet der Thätigkeit der gewaltigen, am Schlusse der Diluvialzeit in Wirksamkeit tretenden Schmelzwasser des Inlandeises, welche hier ihre Vereinigung fanden.

Mehrere mit Schlick erfüllte Rinnen sind in diesem Gebiete als ehemalige Elbläufe zu betrachten. Die Elbe, d. h. der im Magdeburger Hauptthale seit Beginn der Alluvialzeit fliessende Strom »verwilderte«, als er aus dem verhältnismässig schmalen Thale zwischen Börde und Fläming in die dem letztern im Norden vorgelagerte ausgedehnte Niederung eintrat, in analoger Weise, wie dies Gebirgsflüsse zu thun pflegen, wenn sie aus dem Gebirge in das Flachland austreten. Es standen der Elbe mehrere Wege offen, und sie hat alle, wenn auch vielleicht nicht gleichzeitig, benutzt: sie strömte in ihrem heutigen Thale und im Thale des heutigen Tangers; sie brach aber auch aus in die ostwärts sich erstreckende Niederung und sandte ihre Wasser auf dem Umwege durch die heutige Havelsenke dem Norddeutschen Urstrome zu.

Die Richtung des Urstromes war gegeben durch die zwischen dem nördlichen und dem südlichen Höhenzuge gelegene Depression des Geländes. Ob die beiden Höhenzüge, welche in ihrem Verlaufe nach Nordwesten so deutlich konvergieren, zur Zeit ihrer in das Tertiär fallenden Aufwölbung zwischen der Lüneburger Heide und dem Baltischen Höhenrücken zusammengehangen haben oder aber ein Faltenthal einschlossen, lässt sich zur Zeit wenigstens noch nicht entscheiden. Wahrscheinlich aber ist, dass schon zum Beginne der Diluvialperiode zwischen ihnen eine tiefe Senke hindurchzog, da die Diluvialbildungen zwischen ihnen anscheinend eine sehr bedeutende (bei Lübtheen durch eine Tiefbohrung zu 133 *m* ermittelte, also weit unter den heutigen Meeresspiegel hinabgehende) Mächtigkeit besitzen, während auf den Höhenzügen die ältern Sedimente stellenweise

hoch aufragen. Das zum Beginne der Diluvialzeit vermutlich existierende Thal ist, wie die im Thale des Urstromes auftretenden Diluvialinseln beweisen, während der Eisbedeckung mit Glazialbildungen ausgefüllt worden und während der Abschmelzperiode von neuem ausgefurcht und wohl auch erweitert worden. In diesem gewaltigen Thale fliesst seit Beginn der Alluvialzeit, als ein vergleichsweise nur unbedeutender Nachfolger des einst in ihm einherflutenden Urstromes, die Elbe.

Der einzige bedeutende Nebenfluss, den die Elbe in ihrem Unterlaufe aufnimmt, ist die Havel. Das Quellgebiet der Havel selbst liegt in der von den beiden Randhügelzügen der Mecklenburgischen Seenplatte umschlossenen Mulde, die im südöstlichen Mecklenburg eine grosse Zahl beträchtlicher Seen enthält.

Das Gebiet der Obern Havel weist im gesamten Elbstromgebiete den grössten Reichtum an stehenden Gewässern auf. Zahlreiche Dorfteiche und Mühlenweiher liegen in den Thälern der Nebengewässer, zahllose Sölle auf den diluvialen Hochflächen. Vielfach kommen im Havelthale auch Altarme des Flusses vor. Besonders bemerkenswert ist aber der Reichtum des Gebietes der Obern Havel an grössern stehenden Gewässern, an Seen.

Innerhalb der Stadt Spandau nimmt die Havel die Spree auf. Letztere entspringt auf dem Lausitzer Berglande, dem Grenzgebirge zwischen der Ober-Lausitz und Böhmen, an den westlichen Hängen des Lerchen- und des Beerberges bei Alt-Gersdorf in einer Meereshöhe von + 401 *m* und nimmt bald darauf auf dem linken Ufer beim Dorfe Hempel einen kleinen, nördlich von Rumburg entspringenden Bach auf und auf dem rechten Ufer bei Alt-Ebersbach einen zweiten kleinen Bach, der seinen Ursprung im Klippenborn, im Jakobsborn und in den Schröllsteinen auf den Hängen des Kottmarberges hat. Zunächst durchfliesst die Spree als ein etwa 0.5 *m* breiter Bach ein enges, im allgemeinen nordwestlich gerichtetes Längsthal, wendet sich aber bei Wendisch-Sohland, nachdem ihr von links kurz zuvor der wasserreiche Waldbach zugeflossen ist, plötzlich nach Norden und durchströmt von da ab ein Querthal, welches die Granitmassen der Hochfläche von Bautzen in den mannigfaltigsten Krümmungen durchfurcht. Tief eingeschnitten ist das Spreethal namentlich unterhalb Schirgiswalde, bei Bautzen und bei Nieder-Gurig, wo der Fluss das Gebirgs- und Hügelland verlässt, und in das Flachland, in das Schlesische Längsthal, eintritt.

Unterhalb Fehrow kann man von einem Flussbette der Spree im eigentlichen Sinne nicht sprechen, da sich das Spreewasser in diesem Gebiete, dem Oberspreewalde, dessen Längenausdehnung 26 *km*, und dessen grösste Breite 11 *km* beträgt, in viele kleine Gräben, Fliesse und Mühlbäche verteilt. Durch seine Grösse tritt aber unter dieser grossen Zahl von Wasserläufen ein südlicher Hauptarm hervor, der, auf der linken Seite durch mehrere von dem Lausitzer Grenzwalle herabfliessende Bäche entsteht, sowie durch die 26 *km* lange Wudritz verstärkt, zunächst in westlicher Richtung nach Lübbenau, dann in nordwestlicher Richtung nach Lübben fliesst. Alle diese kleinen Seitengewässer haben das Eigentümliche, dass wegen des jähen Abfalles des Lausitzer Grenzwalles das Gefälle im Oberlaufe sehr bedeutend ist, im Unterlaufe dagegen nach dem Eintritte in die Ebene des Spreewaldes fast ganz verschwindet. Im Oberlaufe geben die Bäche einer grossen Anzahl von Mühlenwerken, die bei jedem Fliesse dicht aufeinander folgen, die bewegende Kraft. Dicht oberhalb Lübben verengt sich das Spreethal bis auf etwa 500 *m*, so dass sich hier sämtliche Wasserläufe des Oberspreewaldes in einen einzigen Flussschlauch vereinigen. Nachdem die Spree unterhalb Lübben auf der linken Seite noch die annähernd 38 *km* lange, bei Krinitz und Weissagk auf dem Lausitzer Grenzwalle entspringende Berste aufgenommen hat, nimmt der Fluss wieder eine nördliche Richtung an und tritt beim Dorfe Hartmannsdorf in ein dem Oberspreewalde sehr ähnliches Niederungsgebiet, den Unterspreewald, von 12.5 *km* Länge und 5.5 *km* grösster Breite.

Im Unterspreewalde sind besonders zwei Hauptarme bemerkenswert ein westlicher, die Wasserburger Mühlspree, und ein östlicher, die Lübbener Grosse Spree, von der sich unterhalb Schlepzig die Pretschener Mühlspree abzweigt. Oberhalb Leibsch, wo die Grosse Spree schiffbar wird, hat sie zahlreiche kleine Abzweigungen und die Kleine Spree, einen Seitenarm der Wasserburger Mühlspree, wieder aufgenommen. Bei Leibsch beginnt der schiffbare Unterlauf der Spree.

Unterhalb der Spreemündung verlässt die Havel das Warschau—Berliner Hauptthal, indes tritt sowohl in der Thalbildung, als in der Erscheinung des Flusslaufes ein völliger Wechsel ein. Infolge ihres überaus geringen Gefälles breitet sich die Untere Havel zu weiten, langgestreckten Seeflächen aus, welche die ganze Breite des plötzlich sehr verschmälerten Thales einnehmen und auf beiden Seiten von Hochflächen begrenzt werden. Namentlich bildet die diluviale Hochfläche von Teltow mit ihren am Rande befindlichen Erhebungen einen besonders auffälligen Steilabfall. Mit vorherrschend südwestlicher Richtung durchzieht der Fluss die langgestreckte, mit dem Pichelssee beginnende Seekette und tritt bei Kaputh in den ausgedehnten Schwielowsee ein, aus welchem zur Jungdiluvialzeit in der südwestlichen Fortsetzung desselben ein Abfluss durch das Kaniner Luch erfolgt zu sein scheint. Jetzt wendet sich die Havel in spitzem Winkel nach Nordwesten und fliesst fast überall in seeartiger Breite in einer durch zahlreiche kleine Diluvialplatten begrenzten und ununterbrochenen Niederung zunächst bis Ketzin. Unterhalb dieses Ortes biegt sie nach Südwesten um und erreicht, in einem gleichfalls seeartigen Bette fliessend, die ausgedehnte Seenfläche des Breitlings- und des Plauer Sees (+ 28 *m*). Zwischen Brandenburg und Plaue kann man die Einmündung der Havel in das alte Glogau—Baruther Hauptthal annehmen. Ihr von dieser Stelle an bis zur Mündung vorwiegend nordwestlich gerichteter Lauf zeigt die Lage des einstigen Glogau—Baruther Uferstromes an. In der weiten Niederung, die zur Jungdiluvialzeit gebildet wurde, fliesst die Havel zwischen breiten Alluvionen. Die letztern sind grösstenteils von dem Elbstrome, der einst hier in mehrern Armen seinen Lauf nahm, abgelagert worden.

Von der Jeetzelmündung an, wo der etwa 70 *m* hohe Nordrand der Göhrde mit steilem Abfalle unmittelbar an das linke Ufer des heutigen Elblaufes herantritt, und der Südrand der Mecklenburgischen Seenplatte sich bis auf etwa 13 *km* dem rechten Stromufer nähert, ist das Norddeutsche Urstromthal im Gegensatze zu der oberhalb gelegenen, breit und flach eingesenkten Strecke verhältnismässig eng und tief eingeschnitten. Erst bei Alt-Garge (545 *km*) erweitert sich das Thal dadurch, dass die Göhrde eine Ausbuchtung nach Süden erfährt und eine Niederung begrenzt, die bis zur heutigen Mündung der Elbe ein ehemaliger Meerbusen, eine breite Bucht der Nordsee, gewesen ist. In diese Bucht mündete der gewaltige Norddeutsche Urstrom und füllte dann mit Geröll̈e und Sandmassen, welche er mit sich führte, im Laufe der Jahrtausende den obern Teil der Meeresbucht aus, während zur Ausfüllung des untern die Gezeitenströmungen des Meeres mithalfen. Als später das Wasser des Urstromes sich in der jetzigen Weichsel und Oder zum Teil kürzere Wege nach Norden gebahnt hatte, blieb das verlassene Thal für die Elbe allein übrig. Die Ablagerungen des Urstromes, der Elbe und des Meeres bilden das jetzige Stromthal.

Die Unterelbe kann man von der Seevemündung ab rechnen. Auf der linken Seite des Stromes liegt die Lüneburger Heide mit welligen und breitrückigen Erhebungen. Auf der rechten Seite bildet die Holsteinische Seenplatte die Wasserscheide gegen die zur Ostsee fliessenden Küstenflüsse.

Die beiderseitigen Hochflächen treten bei Hamburg—Harburg mit steilem Abfalle nahe an den Stromlauf heran, so dass eine im Mittel 9 *km* breite Thalenge entsteht, in welcher die Elbe zahlreiche Spaltungen und Verästelungen bildet. An der westlichen Spitze des Finkenwerders oberhalb der Estemündung vereinigen sich die Elbarme wieder; doch auch weiter unterhalb hört die Inselbildung in dem breiten Strombette nicht

auf. Bei Wedel auf der rechten Seite und bei Stade auf der linken Seite treten endgültig die Hochflächen vom Strome zurück, und zugleich beginnen hier die eigentlichen Elbmarschen, die überall durch Deiche gegen Überflutung geschützt sind.

Was die Abflussvorgänge der Elbe anbetrifft, so findet sich für die einzelnen Strecken bis zur Jeetzelmündung kein wesentlicher Unterschied, soweit der Wechsel der Jahreszeiten in Betracht kommt. Die unter dem Einflusse der Schneeschmelze entstehenden Hochfluten des Winters übertreffen der Dauer und der Höhe nach die sommerlichen Anschwellungen bei weitem, so dass die letztern den regelmässigen Abfall der Mittelwasserstände vom Winter zum Herbste nicht zu unterbrechen vermögen. Der März ist in ausgesprochener Weise der Monat der höchsten Wasserstände, wie der September derjenige der kleinsten Wasserführung ist.

Während aber in der obern Stromstrecke die Hochfluten ausschliesslich durch atmosphärische Niederschläge erzeugt werden, sei es, dass diese, im Laufe des Winters als Schnee aufgespeichert, zur Zeit der Schneeschmelze die regelmässig wiederkehrenden Frühjahrsfluten hervorrufen oder als heftige Landregen auch im Sommer den Strom zum Ausufern bringen, werden in der Unterelbe hohe gefahrdrohende Wasserstände nur durch die vom Sturme erzeugten Sturmfluten hervorgerufen.

Die Anschwellungen im obern Stromlaufe zeichnen sich sowohl durch die wesentliche Vermehrung der Wassermenge, wie auch durch die erhebliche Vergrösserung der Geschwindigkeit des Wassers aus. Die reissende Schnelligkeit der Fluten ist es besonders, die ihnen die zerstörende Kraft verleiht. Anders bei den Sturmfluten. Diese kommen aus dem Meere und schreiten den Strom hinauf, bis ihnen durch die lebendige Kraft des zum Meere strömenden Wassers das Ziel gesetzt wird, dann kehren die Wasser zu ihrem Ausgangspunkte zurück. Die Geschwindigkeit ist daher an der Mündung der Elbe am grössten und nimmt weiter stromaufwärts merklich ab. Im Vergleiche mit gewöhnlichen Verhältnissen beträgt die bei Sturmfluten bewegte Wassermenge nur höchstens das Zwei- bis Dreifache, während die Geschwindigkeit sogar nur etwa um die Hälfte zunimmt. Gefährlich werden die Fluten durch den Seegang, der vom Sturme auf dem zum Meerbusen verwandelten Strome erzeugt wird. Der Seegang ist am untersten Ende in Cuxhaven und Brunsbüttel, wo er auch zu gewöhnlichen Zeiten auftritt, am stärksten. Bei Hamburg und im obern Flutgebiete ist der Wellengang und die Brandung naturgemäss geringer; doch haben dieselben ihre gefährliche Eigenschaft noch nicht verloren, wenn der Wind, der die Sturmflut erzeugt, mit derselben Stärke auch hier weht.

Schätzungsweise lässt sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Sturmflut aus dem Vergleiche der Geschwindigkeit des Steigens bei Sturmflut und bei gewöhnlicher Flut erkennen. Der Mittelwert des Steigens beträgt am Hamburger Pegel bei gewöhnlicher Tide 6.6 *mm* in der Minute; bei Sturmflut betragen die Grenzwerte 4.6 *mm* und 9.4 *mm* und der Mittelwert 6.8 *mm*. Die Geschwindigkeit der Strömung wird daher im äussersten Falle um 50% gegen die Geschwindigkeit des Wassers unter gewöhnlichen Verhältnissen vergrössert werden. Da die Erzeuger der Sturmflut, die atmosphärischen Stürme, der Ermittelung bestimmter Regeln oder kennzeichnender Gesetze nahezu unzugänglich sind, so ist es die Sturmflut gleichfalls. Die einzige, sehr allgemeine Erfahrungsregel, welche bei dem Sturmflutdienste in Hamburg zur Anwendung kommt, ist die, dass ein beliebiger Hochwasserstand in Cuxhaven einen entsprechenden, durchschnittlich 30—40 *cm* höhern in Hamburg bedingt, und dass der letztere $3^1/_2$—5 Stunden nach dem erstern stattzufinden pflegt. Aus den Beobachtungen der seit dem Jahre 1825 aufgetretenen 17 höchsten Sturmfluten ergiebt sich die kürzeste Fortpflanzungsdauer der Flutwelle auf der Strecke Cuxhaven—Hamburg zu 3 Stunden und 15 Minuten und die grösste zu 5 Stunden und 25 Minuten, dabei betrug die grösste Höhenzunahme 0.90 *m*, und die kleinste war negativ und gleich —0.06 *m*.

Die grösste Höhe hat die Sturmflut im Jahre 1825 erreicht, über deren Entwickelung nähere Angaben fehlen. Sie ist durch das Hochwasser der gerade wirksamen Springtide verstärkt worden. Die Elbe führte zu der Zeit kein besonderes Hochwasser; doch zeigte der Pegel in Wittenberge den ganzen Januar hindurch einen wenig veränderten Wasserstand von etwa +3.0 *m* a. P., so dass der Strom annähernd bordvoll gewesen ist.

Die Elbmündung behandelte W. Henz.[1]) Bei Geesthacht ist die ehemalige Mündung der Elbe in den einstmals erheblich breiten Meerbusen zu suchen. Bis dahin drangen die brackigen Fluten der Nordsee und bespülten den Südwestabhang des baltischen Landrückens im Nordosten und den Nordostabhang des karpatischen Landrückens in den Hügelketten der Lüneburger Heide im Südwesten, die in dieser Gegend in den Schwarzen Bergen bei Harburg ihren höchsten Punkt erreichen. In diesen innersten Teil der Bucht mündeten ausser der Elbe von Norden noch Bille und Alster, von Süden Ilmenau, Luhe und Seeve.

Die Schlammabführungen der Elbe haben nach und nach den innersten, breitern Teil der Nordseebucht bis in die Nähe des heutigen Blankenese ausgefüllt. »Sie hoben sich mehr und mehr aus den Fluten empor, und zwischen ihnen hindurch mussten sich die Wasser der Elbe neue Wege bahnen. So entstand ein System von Kanälen und Armen, das anfangs noch vielen Veränderungen ausgesetzt war, bis sich nach und nach einige Flussarme dauernd offen hielten und die neugebildeten Inseln genügend Festigkeit und innern Zusammenhang zeigten, um den andrängenden Wassermassen erfolgreich widerstehen zu können. So hatte sich also ein Delta gebildet, genau in derselben Weise, wie das des Rheines in Holland, nur mit dem Unterschiede, dass das Delta der Elbe an Umfang ganz bedeutend hinter jenem zurückblieb. Und dieses Delta der Elbe besteht heute noch; weil aber die einzelnen Mündungsarme sich nicht in die freie, offene See ergiessen, sondern in einem schmalen Meerbusen wieder zusammenfliessen müssen, der noch dazu einen unleugbaren Flusscharakter trägt, so kommt auch das Delta der Elbe nicht recht zur Geltung, und die Hamburger Bucht hat den Namen Elbe und wird ihn wohl auch behalten.«

»Betrachten wir nunmehr das Delta der Elbe in seiner heutigen Gestalt. Von dem mehrfach genannten Geesthacht an fliesst die Elbe eine kurze Strecke nach Westen und wendet sich dann in einem scharfen Bogen nach Südwesten bis zu dem Dorfe Ost-Krauel. Hier verfällt sie auf kurze Strecke in eine direkt ostwestliche Richtung bis zur Mündung der Ilmenau, um von da an die ursprüngliche Nordwestrichtung bis zur Hauptgabelung wieder aufzunehmen.

In der Mitte der kurzen südwestlichen Laufstrecke, dem hannoverschen Dorfe Drennhausen gegenüber, schickt der Hauptfluss den ersten Arm, die Dove-Elbe, d. h. taube Elbe, rechts ab. Diese zieht sich in vielen Windungen, auf beiden Seiten eingedämmt, durch die fruchtbare Marsch. In der Nähe von Bergedorf steht sie durch den Schleusengraben mit der von

[1]) Umlauft's deutsche Rundschau für Geographie **22**. p. 24 ff.

da an ihr parallel fliessenden Bille in Verbindung. Hinter den Deichen stehen beiderseits die Einzelhöfe der Marschbauern. Bei Tatenberg vereinigt sie sich mit der Gose-Elbe (seichte Elbe), einem zweiten Elbearme. Diese zweigt sich bei Ost-Krauel von dem Hauptstrome ab und bietet ein der Dove-Elbe durchaus gleichartiges Bild. Nach ihrer Vereinigung ergiessen sich beide wieder in den nördlichen Hauptarm des Stromes. Dove-Elbe und Gose-Elbe wurden übrigens vor 400 Jahren von dem Hauptflusse abgedeicht, um Überschwemmungen des von ihnen durchflossenen Gebietes zu verhüten.

Etwas oberhalb der hannoverschen Fabrikstadt Harburg teilt sich die Elbe in zwei fast gleichwertige Arme, nämlich in die Norder- und Süder-Elbe. Die erste, schmäler und tiefer als jene, fliesst nach Norden und dann in einem Bogen nach Westen an der Doppelstadt Hamburg-Altona vorbei. Auf der ersten Strecke empfängt sie die aus der vereinigten Dove- und Gose-Elbe bestehende Billwärder-Elbe. Bei dem ersten rechtsseitigen Stadtteile Hamburgs Rothenburgsort zweigt rechts ein flacher, ziemlich breiter, toter Elbearm ab, der ebenfalls den Namen Dove-Elbe führt und gewöhnlich mit Holzflössen bedeckt ist. Zwischen dieser Dove-Elbe und der Norder-Elbe liegen die Inseln (eigentlich Halbinseln) Kaltehofe und Billwärder, beide durch einen schmalen Damm miteinander verbunden.

Nunmehr tritt die Norder-Elbe in das Weichbild der Stadt Hamburg. Kurz vor der neuen Fahrbrücke über die Elbe sendet sie rechts einen neuen Arm ab, den Oberhafenkanal, der von rechts die Bille aufnimmt und als Dovenfleet die untere Altstadt durchzieht, um sich endlich wieder mit der Norder-Elbe zu vereinigen. In der Stadt selbst bildet er in Gemeinschaft mit den beiden Mündungsarmen der Alster ein förmliches System von Kanälen, Fleete genannt.

Die Süder-Elbe wendet sich von der Gabelungsstelle zuerst nach Westen und erreicht bald, unter zwei mächtigen Brücken durchfliessend, Harburg. Bei dieser Stadt bildet sie auf dem linken Ufer ein kleines Hafenbassin, in dessen Mitte sich eine kleine Insel befindet, die ehemals einen Brückenkopf zur Verteidigung des Elbeüberganges trug. Alsdann sendet der Strom rechts einen ziemlich starken Hauptarm Reiherstieg genannt, nach Norden, welcher zwischen den hamburgischen Stadtteilen Kleiner Grasbrook und Steinwärder in die Norder-Elbe mündet. Durch den Reiherstieg unterhält Hamburg einen regen Dampferverkehr mit der kleinern Nachbarin. Etwa in der Mitte seiner Laufstrecke sendet der Reiherstieg noch einen schmalen Arm links ab, der sein Wasser jedoch nach kurzem Laufe wieder einem andern Teilarme der Süder-Elbe zuführt.

Diese schlägt von Harburg an eine nordwestliche Richtung ein, teilt sich aber bald wieder in zwei Arme, von denen der kleinere unter dem alten Namen in der ursprünglichen Richtung weiterfliesst und Blankenese gegenüber in die Bucht fällt. Der Hauptarm führt den Namen Köhlbrand. Er wendet sich von der Teilungsstelle nach Norden und vereinigt sich Altona gegenüber wieder mit der Norder-Elbe. Von rechts empfängt er den oben genannten Teilarm des Reiherstieges und sendet gleichzeitig nach links das Köhlfleet in die Norder-Elbe. Kurz vor seiner Mündung sendet er noch einen kleinen Arm zwischen den Inseln Griesenwärder und Mühlenwärder durch, ebenfalls nach der Norder-Elbe.

Dieses sind die natürlichen Wasserstrassen, welche sich die Elbe zwischen den angeschwemmten Gebieten selbst gegraben hat, bis sie sich in der langgestreckten Mündungsbucht wieder vereinigen. Aber das Bild würde ein unvollständiges sein, wollte man die Thätigkeit des Menschen ausser Acht lassen, die gerade hier sehr oft umgestaltend eingegriffen hat. Bald wurde ein schmaler Arm kanalisiert und reguliert, hier einer zugeworfen, dort ein ganz neuer gegraben. Besonders haben die gewaltigen Hafenbauten Hamburgs in den letzten 10—15 Jahren viele Veränderungen in der Physiognomie des Elbedeltas hervorgerufen.«

Das Versinken der obern Donau zum Flussgebiete des Rheines behandelte K. Endriss. Zwischen den badischen Städten Immendingen und Möhringen beschreibt die Donau einen grossen, nach Südosten gerichteten Bogen. An dieser Stelle, im sogenannten »Brühl«, durchsetzt sie hauptsächlich Kalkgebirge des Weissen Jura, welche stark zerklüftet sind, und hier zeigt sich die eigentümliche, seit Jahrhunderten bekannte Erscheinung, dass das Wasser der Donau gänzlich versinkt und in die Tiefe strömt, so dass das Strombett gänzlich trocken gelegt wird, und der Donaustrom sich erst wieder durch neue Zuflüsse (Krähenbach, Elta, Beeren u. s. w.) erneuert. Nach 16 jährigen Beobachtungen beträgt die jährliche Dauer der vollständigen Abströmungen 77 Tage, das Maximum (1891) 154 und (1893) 172 Tage, und zur Hauptsache fällt sie in die Monate Juli bis Oktober. Die Versinkung findet hauptsächlich an zwei Stellen statt, deren obere unmittelbar im Scheitel des Bogens liegt, während die untere 500 *m* weiter abwärts liegt. Kleine, trichterförmige Vertiefungen, zu denen sich das Wasser in Rillen den Weg bahnt und ein namentlich bei den Trichternischen vernehmbares, stark gurgelndes Geräusch verraten den Vorgang. Selbst bei niederem Wasser fördert die Donau nach den angestellten Beobachtungen oberhalb Immendingens 4000 *l* in der Sekunde. Dieses ganze Quantum zieht auf dem Wege nach Möhringen in die Tiefe, und bei Hochwasser ist der Abzug infolge des höhern Druckes noch grösser.

Auch an andern Stellen ist eine Versinkung direkt nachgewiesen; wahrscheinlich vollzieht sie sich allenthalben, wo das Grundwasser tiefer als der Donauspiegel liegt.

Da nach starken Schneefällen oder beträchtlichen Regengüssen im Quellgebiete der Donau, wenn der Fluss in mächtiger gelbbrauner Flut das Donauthal durchzieht, die sonst in der Regel krystallklare Riesenquelle des Hegauer Aach, welche dem Bodensee zufliesst und demnach zum Flussgebiete des Rheines gehört, trübe läuft und beträchtlichere Wassermengen zu Tage fördert, so nahmen die Anwohner schon seit langem an, dass hier die versunkenen Donauwasser zu Tage treten. Erwiesen ist diese Annahme durch die Versuche des Geh. Hofrats Knop, der 1877 200 Zentner Kochsalz in die Donau einführte. Bereits nach 20 Stunden trat die Versalzung der Quelle ein, erreichte nach 60 Stunden ihr Maximum und war nach 90 Stunden verschwunden. Die gleichzeitig angestellten Wassermessungen ergaben, dass die gesamte in die Donau eingeführte Kochsalzmenge in der Aachquelle zum Vorscheine kam. Da in der Sekunde 1700 *l* Donauwasser einsanken, in der Aachquelle dagegen 3500 *l* austraten, muss die Aachquelle allerdings noch weitere unterirdische Zuflüsse haben.

Die unterirdische Stromgeschwindigkeit ist nur gering. Die Entfernung des Einsenkungs- von dem Ausmündungspunkte beträgt in gerader Luftlinie 12.5 *km*, das Gefälle 1.36 %. Bei diesem Gefälle werden 12.5 *km* oberirdisch in einigen Stunden durchlaufen,

so dass die unterirdische Strombahn an Reibungen, Versperrungen und daraus folgenden Umwegen besonders reich sein muss, da nur eine Geschwindigkeit von 0.06 *m* erzielt ist.

Als allgemeine Ursache des Übertrittes des Donauwassers ist die ungleiche Höhenlage der beiden benachbarten Strombetten anzusehen. Die Donau liegt in der Immendinger Gegend 650 *m* über dem Meeresspiegel, der Rhein, in gerader Luftlinie nur 25 *km* entfernt, nur 394 *m*, so dass das Gefälle von der Donau zum Rhein auf 100 *m* Länge 50 *cm*, von der Donau zur Aachquelle gar 1.36 *m*, das der Donau dagegen nur 2.3 *cm* und das des Rheines 4 *cm* beträgt. Unter diesen Umständen muss, wenn der Grundwasserzirkulation keine Hindernisse entgegenstehen, eine Abzapfung des höher liegenden Wassergebietes durch das tiefere stattfinden, und diese wird durch die Zerklüftungen im Weissen Jura zwischen der Donau und der Aach ermöglicht.

Auf Grund der starken Beeinflussung der Aachquelle bei Veränderungen des Donauwassers, der Schwankungen im Ertrage, der Trübung bei Donauhochgang schliesst Endriss auf das Vorhandensein einer unterirdischen Hauptwasserstrasse, da nur ein einheitlicher Höhlenzug die Wasser so gesammelt zu erhalten vermöge. Die Verlangsamung der Strömung erklärt er durch die Annahme, dass die Wasser sich in den Ausbuchtungen des Höhlenweges verfangen und ihr Lauf in den Einsturzgebieten desselben gehemmt werde. Die Bildung des Aachtopfes erklärt er aus der Versperrung durch Glazialschutt, da er annimmt, dass die Aachwasser früher frei im Gebiete des jurassischen Thalgrundes austraten, die Versinkung der Donau und der Austritt ihres Wassers zur Aach älter als die Ausfüllung im Aachthale ist.[1])

Die Wasserfälle der Sudeten schilderte P. Herden.[2]) Die Sudeten bilden die Mitte der grossen europäischen Gebirgsdiagonale und eine wichtige Wasserscheide zwischen Elbe, Oder und Donau. In ihren Ausbreitungs- und Erhebungsverhältnissen nehmen sie nach den Alpen unter allen deutschen Gebirgen die erste Stelle ein. Bei einer Länge von etwa 300 *km* und einer Breite von durchschnittlich 60 *km* bedecken sie einen Flächenraum von ca. 16 500 *qkm*. In ihrem plastischen Baue sind die Sudeten äusserst reich an Abwechselung. Im allgemeinen kann man sagen, dass sie von Nordost ziemlich unvermittelt und steil aus der Ebene aufsteigen und darum von dieser Richtung her gesehen einen grossen Eindruck machen. Nach Südwest hingegen fallen sie terrassenförmig ab und verflachen sich nur allmählich zur böhmischen Ebene. Der Reichtum an schönen, zum Teil sogar grossartigen Thälern wird noch dadurch erhöht, dass alle Thäler ohne Ausnahme von Wasseradern durch-

---

[1]) Potonié's naturwissenschaftliche Wochenschrift 1900. p. 320.
[2]) Umlauft's Rundschau für Geographie 1900. 22. p. 202.

rauscht werden. Nicht selten stürzen junge Gebirgsbäche über steile Felswände herab und bilden schöne Wasserfälle. Man zählt deren 28 in den Sudeten. Ihre Fallhöhe schwankt zwischen 4—300 *m*. Die Wasserfülle jedoch lässt bei den meisten Fällen zu wünschen übrig. Diesem Übel wird teilweise durch Stauung der Wassermassen in besonders dazu hergestellten Sammelteichen abgeholfen, aber leider nur für wenige Minuten.

Von diesen 28 Wasserfällen entfallen:

drei auf das Altvatergebirge, drei auf die Glatzer Gebirge mit Einschluss von Adersbach-Weckelsdorf, fünfzehn auf das Riesengebirge, fünf auf das Isergebirge und zwei auf die sächsische Schweiz. Herden bespricht dieselben im einzelnen.

Das Wachstum des Po-Deltas ist von G. Marinelli sorgfältig untersucht worden.[1]) Nach E. Lombardini's Darstellung hat die durchschnittliche Grössenzunahme dieses Deltas in der Zeit von 1300—1600 jährlich 53 Hektar betragen, von 1600—1830 jährlich 135 Hektar, um die Mitte des 19. Jahrhunderts 113 Hektar. Marinelli benutzte zu seinen Untersuchungen die österreichische Aufnahme von 1823 und die italienische von 1893. Diese verhältnismässig sehr sichern Unterlagen führen zu dem Ergebnisse, dass zwischen den bezeichneten Epochen der jährliche Zuwachs des Po-Deltas im Mittel 76 Hektar betragen hat. Das Maximum der Zunahme findet sich um die Mündungen des Po, dazwischen hat auch bisweilen ein lokales Zurückweichen der Küstenlinie stattgefunden. Marinelli glaubt, dass die Zunahme im 19. Jahrhundert verhältnismässig geringer war als in der von Lombardini behandelten Epoche, für die sich in der That ein etwas grösserer jährlicher Zuwachs ergiebt. Die gesamte Vergrösserung des Po-Deltas seit dem Jahre 1300 berechnet sich auf 513 *qkm*. Der durchschnittliche Zuwachs der italienischen Adriaküste zwischen dem Po und der österreichischen Grenze wird auf 110 Hektar veranschlagt. Nimmt man dieses Ausmass als mittleres an, so würde in etwa 12000 Jahren die Küste Istriens erreicht werden, und der Golf von Triest nur einen abgeschnittenen kleinen Binnensee darstellen.

Der obere Lauf des Luapula. Dieser Strom ist auf der Strecke von seinem Ausflusse aus dem Bangweolo-See bis zum Eintritte in den Moëru-See an verschiedenen Stellen berührt und überschritten, streckenweise auch aufgenommen worden, so von Giraud, Capello und Ivens, Thomson, Sharpe, Francqui, Weatherley u. a., doch fehlte es bisher an einer einheitlichen Aufnahme des ganzen Laufes. Diese hat nun der Engländer Weatherley durchgeführt, dem wir bereits eine auf Grund seiner Rundfahrt gezeichnete Karte des Bangweolo-See verdanken.[2]) Über den ersten Teil seiner

[1]) Riv. geogr. ital. 5. p. 24. 65.
[2]) Geogr. Journal vom September 1898.

Luapula-Reise berichtet er in einem Briefe, den das Mouvement Géogr. vom 22. Oktober v. J. veröffentlicht. Weatherley verliess die Insel Kabwala (Mbawala seiner erwähnten Karte) am 20. Dezember 1898 und befuhr mit seinem Stahlboote »Vigilance« den Luapula zunächst innerhalb des ungeheuren Sumpflandes im Süden des Bangweolo bis Schiwende, wo Giraud den Fluss verlassen hatte. Der Luapula ist hier 600 *m* breit und mit dicht bewaldeten Inseln durchsetzt. Dahinter beginnt die erste Reihe der Fälle und Stromschnellen, die bis Kalonga reicht. Sie nötigten Weatherley, sein Stahlboot auseinander zu nehmen und zu Lande zu reisen. Der bedeutendste Wasserfall, der von Kundalira, hat 6 *m* Höhe, die übrigen sind zwar weniger hoch, aber zum Teil um so wilder, da der Fluss durch die Uferberge stark eingeengt wird, gewöhnlich auf eine Breite von 300—350 *m*. Bei Kalonga, das übrigens nicht auf dem linken Ufer des Luapula liegt, wie die Karten angeben, sondern auf dem rechten, konnte Weatherley sein Boot wieder zusammensetzen und den nun hindernislosen Strom bis zur Mündung des Luonga hinunterfahren. Der Luonga Weatherley's ist mit dem Luonga der Karten offenbar identisch, zumal auch die von Weatherley angegebene Lage der Mündung mit 10° 33′ südl. Br. ungefähr stimmt; er hätte dann die Johnston-Fälle, die zwischen Schiniama und der Luonga-Mündung den Luapula etwa 80 *km* weit durchsetzen, ohne Schwierigkeit passiert. Es herrschte allerdings Hochwasser, während Weatherley auf seiner frühern Reise vom Juli 1896 sein Fahrzeug nur mit vieler Mühe über die Johnston-Fälle hatte führen können. Von den Nebenflüssen des Luapula hat Weatherley den von rechts kommenden, sehr wasserreichen Luela eine kleine Strecke aufwärts verfolgt.[1])

Der Madeira ist von M. Lamberg auf Grund einer Befahrung desselben geschildert worden.[2]) An der Mündung in den Solimoes (Amazonenstrom) ist der Fluss etwa 3 *km* breit. An den Ufern dehnen sich reiche Gummiwälder aus, deren Produkte zu den besten Sorten Brasiliens gehören, weshalb zahlreiche Sammler sich daselbst aufhalten. Der Madeira hat gleich allen andern Tributärströmen des Amazonas seine An- und Abschwellungsperioden, die aber nicht auf allen Flüssen zu gleicher Zeit eintreten. Die Wassermasse des Madeira steigt regelmässig vom Oktober angefangen und erreicht im März ihren höchsten Punkt, der abwechselnd von 10—15 *m* über den niedersten Wasserstand sich erhebt. Von da an, und zwar recht fühlbar schon im Mai, beginnt dieselbe zu fallen und vermindert sich im August, September und Oktober in einer Weise, dass die Schiffe stets in Gefahr des Auflaufens schweben, was auf allen Flüssen oft genug vorkommt, und wodurch Schiffe zuweilen Monate lang im Sande sitzen und die Flut abwarten.

[1]) Globus. **76.** p. **343.**
[2]) Umlauft's deutsche Rundschau für Geographie **23.** Heft I. p. 20.

Doch kommt es auch zuweilen vor, dass während des niedersten Wasserstandes eine plötzliche Anschwellung der Fluten eintritt, die einige Tage währt und schon manchem Schiffe von einer Sandbank, wo es festsass, weghalf. Man nennt diese plötzliche Anschwellung Repiquette. Woher diese entstehen, ist bis jetzt noch unbekannt, man nimmt an, dass sie durch ungeheure Regengüsse bewirkt werden, die in den Anden niedergegangen sind. Der Madeira ist das ganze Jahr hindurch für Dampfer befahrbar, die einen tüchtigen Lootsen mitnehmen. Nur seine Nebenflüsse sind davon ausgenommen. Diese sind für solche bloss zur Zeit der Hochwasser, d. i. vom Januar bis März, befahrbar, sonst aber nur kleinen Lanschen und Booten zugänglich. Die Strömung des Madeira zur Zeit der Hochwasser beträgt 4 *km* pro Stunde. Seine Breite ist sehr verschieden. An manchen Stellen beträgt sie an 2500 *m*, an andern wieder verengert sich der Fluss selbst bis auf 300 *m*. Wohl durch neun Zehntel seines Unterlaufes, d. i. von der Mündung bis zu den ersten Wasserfällen (ungefähr 1700 *km*), besitzt er eine Breite von 800 bis 1200 *m*. Sein Wasser ist an vielen Stellen wärmer als die Luft, und obwohl etwas trübe, doch trinkbar.

So wie zur Zeit des niedern Wasserstandes die grösste Aufmerksamkeit des Lootsen nötig ist, um den richtigen Kanal zu wählen, so ist bei Hochwasser diese ebenfalls unbedingt notwendig, um den schwimmenden Baumstämmen auszuweichen, deren manche von riesigen Dimensionen sind.

Das Brennmaterial aller Schiffe, gross und klein, besteht mit Ausnahme der ersten zwei Tage, wo sie von Manáos Kohlen mitnehmen, auf der ganzen Reise ausschliesslich in Brennholz, wodurch die Fahrt sehr verlangsamt wird. Ein gewöhnlicher Flussdampfer verbraucht stündlich ungefähr 200 Scheite; da für mehr als 10000 solcher kein Platz vorhanden ist, so muss er jeden zweiten Tag anhalten, um Holz einzunehmen, was gewöhnlich 6—10 Stunden in Anspruch nimmt. Diese Holzlager finden sich ziemlich häufig am Ufer; doch kommt es auch vor, dass die Vorräte verbraucht oder von plötzlichem Hochwasser weggeschwemmt worden waren; dann heisst es Holz fällen im Walde, wobei ungefähr 24 Stunden Säumnis eintritt.

Die Krümmungen des Madeira sind zahlreich, doch sind die Kurven fast durchaus in sehr stumpfen Winkeln von 130—160°.

In Bezug auf Klima und hygienische Verhältnisse nimmt der Madeira unstreitig den ersten Rang unter allen Tributärströmen des Amazonas ein. Dies mag wohl seinen Hauptgrund darin haben, dass die Ufer hoch liegen und nur an sehr wenigen Stellen zeitweise überschwemmt werden. Nicht minder trägt hierzu bei, dass die dortigen Gummisammler in ihrer Mehrzahl von jeher dort ansässig waren und früher — bevor das Gummifieber so allgemein um sich gegriffen hatte — Landwirtschaft betrieben haben, infolgedessen etwas besser wohnen, sich besser kleiden und einen geregeltern

Lebenswandel führen, als die aus allen brasilianischen Staaten herbeigelaufenen Abenteurer der andern Flüsse. Auch ist ihr Ruf in moralischer Beziehung besser.

Die Hitze ist dort erträglicher, umsomehr als die Nächte zumeist recht kühl sind und selbst während des Tages oft das klare warme Wetter in eine empfindliche Frische mit bedecktem Himmel umschlägt, die zuweilen sogar bis zu einem Hagelwetter sich verstärkt.

Nur einige Nebenflüsse des untern Stromes stehen in hygienischer Beziehung in sehr üblem Rufe, wie z. B. der Rio Machado und der Jamary.

Bezüglich der allgemeinen geographischen Verhältnisse des Madeira und seiner Nebenflüsse, die noch sehr im Dunkeln liegen, sagt Verf. auf Grund seiner praktischen Erfahrungen folgendes:

»Zwischen dem elften und zwölften Falle des Madeira, von S. Antonio an gezählt, tritt linksseitig der Abuná ein, der nicht, wie ihn Petermann's Karte darstellt, nur ein Bächlein ist, sondern von 70—73° 50′ östl. L. von Paris sich ausdehnt und ungefähr von 10° 50′ bis 9° südl. Br. nordöstlich fliesst. Von 10° 20′ südl. Br., wo er scharf sich gegen Norden wendet, bis zu seiner Mündung fliesst er auf brasilianischem Gebiete, der übrige, viel mehr westöstlich gestreckte, ganz bedeutend längere Teil gehört Bolivien an. Er ist reich an Gummiwäldern, die zumeist ausgebeutet werden. Er kommt auf seinem Oberlaufe dem rechtsseitigen, sehr ausgedehnten Nebenflusse des obern Purus, dem Acre, so nahe, dass man den sie trennenden festen Boden in wenigen Stunden überschreiten kann.

Unter 10° 20′ erhält der Madeirastrom seinen Namen und tritt hier aus Bolivien auf brasilianisches Gebiet über. Er ist bis zu 4° 6′ ungefähr von sechs Fällen unterbrochen. Von da an bis S. Antonio wurde seinerzeit eine Eisenbahn projektiert und begonnen im Einvernehmen der beiden Staaten Bolivien und Brasilien. Ungefähr unter 11° 20′, nicht, wie Petermann's Karte angiebt, in der Breite von 12° 20′, mündet rechtsseitig in den Mamoré der brasilianische Fluss Quaporé, der auf dem höchsten Punkte der brasilianischen Zentralhochebene entspringt und ohne Fälle auf 2500 *km* für Dampfer schiffbar ist. Er bildet auf einer langen Strecke die Grenze des brasilianischen Hochlandes gegen Bolivien.

Wenn im Staate Matogrosso, der Heimat seiner Quellen und des Flusses Jauru, die wahrscheinlich vorhandene Wasserverbindung dieser zwei Flüsse aufgefunden würde, so wäre dadurch die Verbindung der zwei grössten Ströme Südamerikas, nämlich des Amazonas mit dem La Plata hergestellt; denn der Jauru mündet in den letztern.

Unter 10° 48′ südl. Br. ergiesst sich linksseitig in den Madeira der Orton, der in den Kordilleren entspringt, und dessen noch ungekannte Nebenflüsse, wie allgemein vermutet wird, mit dem obern Purus in Verbindung stehen.

Geographische Bücher, Reisebeschreibungen und Karten sprechen sich sehr verschieden über den Ursprung oder die Entstehung des Madeirastromes aus. Eine Karte, herausgegeben von der Geographischen Gesellschaft Argentiniens, lässt den Strom unter dem Namen Alto Madeira in den Kordilleren entspringen und den Orton und Beni, den ersten links- und den zweiten rechtsseitig in denselben unter 10° 20′ südl. Br. zusammen einfliessen, was gänzlich falsch ist. Andere lassen wieder den Madeira aus dem Mamoré und Guaporé entstehen, was ebenfalls unrichtig ist. Ich kann feststellen, teils aus eigener, teils aus Erfahrung mehrerer deutscher Reisenden, die einen guten Teil des Flusslabyrinthes im rechtsseitigen Amazonengebiete kennen, dass der Beni in den Bolivischen Anden nahe der Hauptstadt La Paz entspringt, in seiner Hauptrichtung beinahe direkt von Süden nach Norden fliesst und ungefähr zwischen dem 11. und 12.° südl. Br. mit dem Madre de Dios zusammentrifft, der seinerseits in Perú nahe bei Cusco entspringend auf seinem Laufe von Südwesten nach Nordosten seine viel grössern Wassermassen mit denen des Beni vereint, von wo an diese beiden Flüsse zu einem vereint den Namen Beni weiter führen, und zwar bis zur brasilianischen Grenze bei Villabella, wo dieser nämliche Fluss den Namen Madeira annimmt und zugleich auf demselben Punkte von dem aus dem Südosten Boliviens kommenden Mamoré verstärkt wird, der unter 10° 20′ südl. Br. in denselben einfliesst, nachdem er selbst ungefähr 80 *km* oberhalb seiner Mündung den aus Osten kommenden brasilianischen Strom Guaporé aufgenommen hat. Der Madeira bildet sich daher aus vier grossen Strömen, und von der Wassermasse von 70000 *cbm*, die derselbe pro Sekunde entleert, müssen zwei Drittel dem verstärkten Beni zugeschrieben werden.«

11. Seen und Moore.

Allgemeine Limnologie. Der Altmeister der Seenkunde, Prof. Dr. F. A. Forel in Stuttgart, hat den dermaligen Standpunkt dieser wissenschaftlichen Disziplin in einem grössern Werke dargelegt,[1]) welches eine Darstellung sämtlicher auf die Seen im allgemeinen bezügliche Beobachtungen, Gesetze und Theorien giebt. Dabei stützt er sich hauptsächlich auf die Resultate der Untersuchungen, die an den Seen der gemässigten Zone in Europa und Nordamerika angestellt wurden, denn nur diese Seen sind nach allen Richtungen hin genügend studiert.

Als See bezeichnet Forel eine allseitig geschlossene, in einer Vertiefung des Bodens befindliche, mit dem Meere nicht in direkter Verbindung stehende, stagnierende Wassermasse. »Für die limnologischen Verhältnisse eines Sees sind folgende geographische Elemente von Bedeutung:

1. Die Lage im allgemeinen ist massgebend für das Klima der Gegend, in welcher der See liegt.

[1]) Handbuch der Seenkunde. Von Prof. Dr. F. A. Forel, Stuttgart.

2. Die geographische Breite beeinflusst die Temperaturverhältnisse des Sees. Je näher dem Äquator, desto wärmer wird er caeteris paribus sein.

3. Die absolute Höhe des Seespiegels über dem Meere ist ebenfalls für die Thermik des Sees von Bedeutung. Je höher er liegt, desto kälter wird unter sonst gleichen Umständen das Wasser sein, desto länger wird seine Oberfläche im Winter gefroren bleiben. In beträchtlichem Masse werden ferner Fauna und Flora von der absoluten Höhe beeinflusst. In den Seen der Ebene werden aktive und passive Wanderungen viel leichter bewerkstelligt als in Bergseen.

4. Das Areal des Sees ist für die Grösse und Kraft der Bewegungen seiner Wassermassen von einschneidender Bedeutung. Je grösser der See, desto stärker sind seine Wellen und Strömungen. Das Ausmass der Wasserstandsänderungen dagegen steht zur Ausdehnung des Sees im umgekehrten Verhältnisse. Die Verdunstung und die direkte Kondensation sind auf grossen Seen absolut grösser, aber relativ kleiner als auf kleinen Seen.

5. Die Tiefe des Sees beeinflusst die Bewegungen des Wassers im Wellenschlage und in den Seiches.

Die maximale Tiefe ist für gewisse biologische Erscheinungen von Wichtigkeit und zugleich für die Frage nach der Genesis des Sees von hoher Bedeutung.

Die mittlere Tiefe des Sees, die man erhält, indem man das Volumen des Sees durch seine Oberfläche dividiert, giebt, verglichen mit der maximalen Tiefe, Anhaltspunkte über die allgemeine Form des Seebeckens. Wäre die Gestalt des Sees die eines Hohlkegels (Trichters), so wäre sein Volumen gleich der Oberfläche, multipliziert mit einem Drittel der maximalen Tiefe, und seine mittlere Tiefe wäre ein Drittel der maximalen. Dieses Verhältnis trifft nur selten zu. Meistens entspricht die mittlere Tiefe der Hälfte oder einem noch grössern Bruchteile der maximalen. Daraus ergiebt sich, dass ein See meist einen Kegel mit abgestumpfter Spitze, einen Kegelstumpf darstellt. In der That besitzen die meisten Seen in ihrer tiefsten Region eine zentrale, durch Aufschüttung von Alluvionen entstandene Ebene, so dass die ideale Kegelgestalt in den meisten Fällen sehr stark modifiziert erscheint.

6. Das Volumen einer Wassermasse beeinflusst deren Chemismus und Thermik in hohem Grade. Je grösser der See, desto unbedeutender sind die Schwankungen in den chemischen und thermischen Verhältnissen. Das Volumen des Sees ist ferner von Einfluss auf die Grösse seiner tierischen und pflanzlichen Bewohner.

7. Die Grösse des Einzugsgebietes beeinflusst die Wassermenge der Zuflüsse des Sees derart, dass diese caeteris paribus der Grösse des Einzugsgebietes proportional ist. Vom Verhältnisse der Seeoberfläche zur Wassermenge der Zuflüsse oder, kurz gesagt, zur Grösse des Einzugsgebietes hängt das Ausmass der Wasserstandsschwankungen des Sees ab. Das Verhältnis des Volumens des Sees zur Wassermenge seiner Zuflüsse bestimmt das Ausmass der chemischen Variationen und kann für die thermischen Schwankungen von Bedeutung sein.

8. Die Wasserführung der Zuflüsse, und zwar die mittlere wie auch die kleinste und die grösste, ist ein wichtiger Faktor für die limnimetrischen, thermischen und chemischen Schwankungen des Sees.

9. Die Lage eines Sees im Laufe eines Flusses, der ihn durchströmt (Flussseen), oder am Ende eines Flusses, der ihn ernährt (Endseen), beeinflusst seine organische Bevölkerung insofern, als von ihr die grössere oder geringere Leichtigkeit abhängt, mit welcher aktive und passive Migrationen von Pflanzen und Tieren stattfinden können. Folgende lokalklimatische Faktoren sind für die Naturgeschichte eines Sees von Wichtigkeit:

1. Die Lufttemperatur; sie regelt den an der Oberfläche des Sees stattfindenden Wärmeaustausch.

2. Die Hydrometeore, und zwar:

a) Die absolute Feuchtigkeit der Luft; sie bestimmt den Taupunkt; von dem Verhältnisse des Taupunktes zur Oberflächentemperatur des Sees hängen Verdunstung und Kondensation ab.

b) Die relative Feuchtigkeit; sie bestimmt den Grad der Bewölkung und die Häufigkeit der Niederschläge.

c) Die Bewölkung ist bestimmend für die Wärmeeinstrahlung von der Sonne zum See und für die Wärmeausstrahlung von der Oberfläche des Sees in die Atmosphäre und in den Weltenraum.

d) Die Niederschlagsverhältnisse; von ihnen hängt die Speisung des Sees ab.

3. Die Winde; sie sind von grösstem Einflusse auf die Bewegungen des Wassers im See, den Wellenschlag und die Strömungen. Zugleich sind sie von eminenter Bedeutung für die klimatischen Verhältnisse der ganzen Region. In Betracht kommen folgende Winde:

a) Allgemeine Winde, die Luft aus fernen Gegenden heranbringen.

b) Stürme, wie sie Gewitter und Böen begleiten; sie stören plötzlich die Ruhe der Atmosphäre.

c) Lokale Winde (franz. brises), die einen Luftaustausch zwischen verschiedenen Teilen der Gegend, in der der See liegt, verursachen. Sie sind direkt durch die Anwesenheit des Sees bedingt, der thermisch ganz anders auf die Atmosphäre wirkt, als das umgebende Land. Nachts wehen im Sommer Landwinde in zentripetaler Richtung vom Lande her gegen den See, tagsüber Seewinde in zentrifugaler Richtung vom See gegen das Land hin. Im Winter dominieren die Landwinde auch am Tage.

4. Lokale Schwankungen des Luftdruckes; sie sind die wesentlichste Ursache der sogenannten »Seiches.«

Die an der Erdoberfläche vorkommenden Wannen[1]) (cuvettes), in denen sich Wasser ansammelt, können sehr verschiedener Natur sein. Je nach ihrer Genesis lassen sich Wannen unterscheiden, die durch Einbruch oder Einsinken von Gesteinsmassen entstanden sind, ferner Wannen, die durch Abtragung von Gesteinmassen sich bildeten, endlich Wannen, die durch Bildung eines Dammes, der das Wasser staute, entstanden sind. Entsprechend sind die Vorgänge, die zur Seebildung führen, entweder tektonische Vorgänge, die die Schichten der Erdrinde dislozieren, oder Erosionswirkungen, die die Erdschichten abtragen, oder Akkumulationsvorgänge, die inmitten eines Flusses einen Damm aufwerfen und so den Abfluss des Wassers hindern. Oft ist ein See komplexer Entstehung: er entstand durch das Zusammenwirken zweier oder mehrerer der genannten Vorgänge.

Jeder See hat seine eigene, von derjenigen seiner Nachbarn oft ganz verschiedene Geschichte. Diese Geschichte ist aus dem geologischen Aufbaue der Umgebung und den Eigentümlichkeiten des Seebeckens zu entziffern.«

Der See erodiert die Ufer der Wanne und zerstreut die dabei entstehenden Erosionsprodukte in der littoralen Zone. Seine Erosionsarbeit besteht im Angreifen, Untergraben und Zertrümmern. Unterscheiden lässt sich chemische und mechanische Erosion.

Das Seewasser wirkt lösend auf die Gesteine in seinem Bereiche. Abgesehen von einigen leicht löslichen Gesteinen, wie z. B. Gips und Steinsalz, wirkt diese chemische Erosion nur schwach und langsam. Die gelösten

[1]) Der Ausdruck »Wanne« wird hier in einem ganz bestimmten, begrenzten Sinne angewandt. Unter »Wanne« des Sees versteht Verf. jede Vertiefung des Erdbodens, in welcher sich stehendes Wasser ansammeln kann, ohne Rücksicht auf die Wirkung, die das Wasser auf die Wände des Behälters ausgeübt hat. Die Wanne ist also der Behälter des Sees in statu nascendi. Das Seebecken hingegen hat sämtliche Einwirkungen des Wassers erlitten, es ist die umgebildete Wanne.

Materialien werden dem Seewasser einverleibt und vergrössern dessen Salzgehalt.

Die mechanische Erosion beruht in der Hauptsache auf der Stosskraft der Wellen. Die vom offenen See kommenden Wellen prallen gegen das Ufer an, erschüttern, lockern und zertrümmern dasselbe. Die Trümmer, die sich dabei bilden, werden weiter zerkleinert, bis sie so klein sind, dass die Wellen sie mit sich reissen und hin und her rollen. Durch diese Bewegung nutzen sie sich noch weiter ab und werden zu Geröllen. Die Gerölle ihrerseits werden durch die Wellen ihrer Grösse nach in Bänken oder Zonen abgelagert; jede Bank besteht aus Geröllen von ungefähr gleicher Grösse.

Mündet ein Fluss in einen See, so verliert sich seine Strömung rasch in den ruhenden Wassermassen des Sees. Die groben Alluvionen fallen zu Boden und bilden einen Schuttkegel, das Delta, dessen Böschung von der Natur der Geschiebe abhängt. Ein Delta baut sich stets aus Schichten auf, die gegen den See hin fallen. Jedes Hochwasser setzt eine neue, seewärts geneigte Schicht ab. Die Geschiebe werden dabei ihrer Grösse nach geordnet, derart, dass die grössten sich dicht an der Mündung des Flusses ablagern. Führt ein Fluss reichlich grobe Geschiebe, so häufen sich dieselben unmittelbar an der Mündung an und bilden Barren, die über den Wasserspiegel emporwachsen.

Der Schuttkegel taucht allmählich über den Wasserspiegel auf und wird zum oberseeischen Delta, das seewärts vorrückt. Während am Rande das Delta unterseeisch durch Ansatz von weitern schräggeneigten Schichten wächst, setzt der Fluss, der die über Wasser geratenen Teile des Deltas überfliesst, auf diesem ungefähr horizontale Flussablagerungen ab. In einem geologischen Querschnitte durch ein Delta markiert daher diejenige Höhe, in der die horizontalen zu Tage abgelagerten Flusssedimente in die schräggeneigten Seealluvionen des Deltas übergehen, die mittlere Höhe des Wasserstandes bei der Bildung des Deltas.

Die Ablagerungen und Anschwemmungen führen im Laufe genügend langer Zeitperioden zuletzt zur Auffüllung der Seebecken. Jeder See ist daher eine vergängliche Erscheinung, und Forel unterscheidet folgende Phasen derselben.

1. Das Jugendalter. Die Anschwemmungen haben auf die Form des Seebeckens noch keinen merkbaren Einfluss ausgeübt; das ursprüngliche Relief der Wanne mit allen seinen Einzelheiten ist weder durch fluviatile, noch durch lakustre Alluvionen verändert.

2. Das Reifealter. Die Seealluvionen haben rings um den See eine Uferbank gebildet. Aus den groben fluviatilen Geschieben sind an der Mündung der Zuflüsse ober- und unterseeische Schuttkegel (Deltas) entstanden; feiner fluviatiler Schlamm hat sich auf der Sohle des Sees abgesetzt und dieselbe eingeebnet. Noch aber sind nicht alle Züge der ursprünglichen Wanne durch die Anschwemmungen verdeckt; in einzelnen Regionen schimmern die Einzelheiten der ursprünglichen Form noch durch die dünne abgesetzte Schlammschicht durch.

3. Das Greisenalter. Die Alluvionen herrschen überall vor. Die Wände der ursprünglichen Wanne sind überall unter denselben verschwunden; das ganze Seebecken besteht nurmehr aus einer zentralen, horizontalen, von den Halden des Deltas und der Uferbank eingefassten Ebene.

4. Der See ist zum Weiher geworden Die zentrale Ebene ist durch die fortwährende Zufuhr von Schlamm hoch aufgeschüttet worden und befindet sich in ein und derselben Höhe mit der Uferbank. Es giebt im Seebecken keine Böschungen mehr, ausser derjenigen des Strandes. Ein Weiher ist ein See ohne Tiefe; er kann in seiner ganzen Ausdehnung von der littoralen Seeflora besiedelt werden.

5. Der Weiher ist zum Sumpf geworden, wenn durch die fortschreitende

Aufschüttung seine Tiefe so sehr abgenommen hat, dass seine submerse Wasserflora durch eine oberseeische Sumpfflora ersetzt wird.

Was die Pflanzengesellschaften anbetrifft, so ist die Flora der Seen und Weiher charakteristisch für »lebendes Wasser«. Die von der Mutterpflanze abgetrennten Stücke von Wasserpflanzen (Potamogeton, Myriophyllum u. s. w.) leben weiter und reinigen durch die Funktionen des Chlorophylls das Wasser; Seen und Weiher sind daher von frischem Wasser erfüllt. Die Sumpfflora hingegen (Schilfrohr, Thyphaceen, Cyperaceen u. s. w.) ist bezeichnend für stagnierendes, »totes« Wasser; Bruchstücke dieser Pflanzen faulen rasch oder vertorfen und lassen das Wasser bald stinkend werden.«

Wenn Forel Weiher und Sumpf als Entwickelungsstadien eines Sees bezeichnet, so soll damit nicht gesagt sein, dass jeder Weiher und jeder Sumpf ein an seine äusserste Altersgrenze angelangter See sei. Beide können auch ganz andern Ursachen ihre Entstehung verdanken. Hingegen wird jeder See einmal zum Weiher und schliesslich zum Sumpfe, es sei denn, dass durch irgend eine Ursache seine normale Entwickelung gestört wird.

Man unterscheidet temporäre und permanente Seen, Seen ohne Abfluss (Endseen und Flussseen). Das Wasser, das dem See zugeführt wird, ist niemals chemisch rein; es enthält immer eine Reihe mineralischer Bestandteile in Lösung. Die Verdunstung hingegen entführt nur reines Wasser und etwa flüchtige Bestandteile. Infolgedessen bereichert sich das Wasser der Endseen, deren Wasser nur durch Verdunstung entzogen wird, immer mehr mit gelösten Substanzen, unter Umständen bis zur Sättigung. Endseen sind daher salzig; sie sind Salzseen.

Der relative Salzgehalt wechselt je nach dem Volumen, also je nach dem Wasserstande des Sees. Bei Hochwasser ist die Lösung verdünnt; sinkt aber der Wasserstand, so konzentriert sie sich. In den temporären Seen werden, wenn das Wasser verdunstet, die salzigen Bestandteile ausgeschieden und auf dem Grunde des Beckens abgelagert. Füllt sich das Becken wieder mit Wasser, so kann dieser Niederschlag ganz oder teilweise wieder gelöst werden. In den Flussseen hingegen findet eine solche Anhäufung von Salzen nicht statt. Der Abfluss entführt die durch die Zuflüsse herbeigebrachten gelösten Substanzen regelmässig zusammen mit dem Seewasser. Der Salzgehalt eines solchen Sees ist folglich gleich dem mittlern Salzgehalte der Zuflüsse, sofern man von der in der Regel geringen Wirkung der Verdunstung absieht.

Der Wasserstand der Seen zeigt tägliche, jährliche und zyklische (langperiodische) Schwankungen. Je nach der Jahresperiode des Wasserstandes lassen sich folgende Typen von Seen unterscheiden:

a) Seen heisser Klimate. Hochstand während der Regenzeit, Tiefstand während der trockenen Zeit (z. B. die Schotts und Sebkas, die grossen afrikanischen Seen).

b) Seen gemässigter Klimate. Im Winter zur Zeit der Schneefälle steht der See tief. Im Frühlinge zur Zeit der Schneeschmelze steigt der See; im Sommer, während der warmen Periode mit starker Verdunstung, sinkt er,[1]) um im feuchten Herbste wieder zu steigen.

c) Seen polarer Klimate. Im Winter ist alles gefroren, und der See steht tief. Im Sommer tritt allgemeines Schmelzen des Schnees und der Eismassen ein; die Flüsse sind wasserreich, und die Seen zeigen Hochstand.

Die subalpinen (am Fusse eines hohen Gebirgs liegenden) Seen folgen gleichzeitig dem Typus gemässigter und demjenigen polarer Gegenden.

---

[1]) Nur in streng kontinentalen Regionen, wo der Einfluss der grössern Verdunstung des Sommers durch ein besonders starkes Sommermaximum der Niederchläge wett gemacht wird, haben wir Sommerhochstand der Seen. Vergl. im übrigen Woeikof, Seen und Flüsse als Produkte des Klimas. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1885. p. 92.

Ersterer wird ihnen aufgedrückt durch ihre dem Flachlande angehörenden, letzterer durch ihre in der alpinen Region entspringenden Zuflüsse.

Die Seeoberfläche ist ein Segment der sphäroidalen Erdoberfläche, diese normale Form erleidet aber Veränderungen (Denivellationen), indem z. B. das Wasser an der Mündung der Zuflüsse höher steht als am Beginne des Abflusses, ferner durch die Gezeiten (bis jetzt nur am Michigan-See direkt erwiesen), durch Wind und Wellen. Ein Stoss, der gleichzeitig einen grossen Teil der Oberfläche des Sees trifft, bringt eine allgemeine Störung des Gleichgewichtes hervor, die die ganze Wassermasse verschiebt. Sobald die Ursache der Störung zu wirken aufhört, kehrt die Wassermasse durch eine Reihe von Oszillationen, die bis auf den Grund reichen, zur frühern Ruhelage zurück. Solche Schwankungen, an denen die ganze Wassermasse teilnimmt, werden im Gegensatze zu den fortschreitenden Wellen, stehende Wellen genannt. Solche stehende Wellen im See heissen Seiches.

Die Strömungen in den Seen sind entweder Abflussströmungen oder durch dynamische Ursachen hervorgerufene, endlich solche aus hydrostatischen Momenten.

Die chemische Zusammensetzung des Seewassers schwankt relativ wenig. Sie ändert sich immerhin in zweifachem Sinne; sie zeigt eine meist sehr schwache jährliche Periode und ausserdem lokale Schwankungen von Ort zu Ort, die mitunter beträchtlich sind.

Von grösster Wichtigkeit sind die thermischen Verhältnisse der Seen. Infolge des hohen Flüssigkeitsgrades des Wassers stellt sich stets eine Schichtung nach der Dichte ein, derart, dass die dichtesten, schwersten Wassermassen auf dem Grunde ruhen, und die leichtern oben schwimmen.

Da das Dichtigkeitsmaximum für Süsswasser bei + 4° liegt, so zeigt die thermische Schichtung ganz entgegengesetzte Verhältnisse, je nachdem das Wasser wärmer oder kälter als 4° ist. Warmes Wasser, d. h. Wasser, dessen Temperatur mehr als 4° beträgt, zeigt die direkte Temperaturschichtung, bei der die warmen Schichten auf den kältern lagern: die Temperatur nimmt von oben nach unten ab. Kaltes Wasser, d. h. Wasser, dessen Temperatur zwischen 0° und 4° beträgt, zeigt verkehrte Temperaturschichtung; die wärmsten Massen befinden sich unten, die kältesten schwimmen oben: die Temperatur nimmt von oben nach unten zu.

Wenn sich ein warmer See an der Oberfläche abkühlt oder ein kalter See erwärmt, so wird die oberste Schicht dichter und sinkt unter, bis sie auf eine Schicht von gleicher Dichte stösst. Bei diesem Vorgange nimmt die Dicke der Oberflächenschicht mit gleicher, stets sinkender Temperatur — die sogenannte homothermische Schicht — progressiv zu, indem die vertikalen Konvektionsströmungen die Oberflächenschichten mit den unmittelbar unter ihnen liegenden in dem Masse mischen, als durch Abkühlung (bezw. Erwärmung) ihre Temperatur diejenige der untern Schichten annimmt. Die Temperatur der so entstehenden fortwährend an Dicke wachsenden Oberflächenschicht muss von oben bis unten als annähernd gleichmässig angenommen werden. Der ganze Vorgang führt in dieser Weise zu einer Zerstörung der thermischen Schichtung und zur Ausgleichung der Temperatur in der gesamten in Mitleidenschaft gezogenen Wassermasse.

Forel unterscheidet drei Typen von Seen, je nachdem ihr Wasser immer warm, d. h. über der Temperatur des Dichtigkeitsmaximums (tropische Seen), abwechselnd warm und kalt (temperierte Seen) oder immer kalt (polare Seen) ist. Diese Namen, die den thermischen Typus eines Sees bezeichnen, sind den Namen der Zonen der Erde entnommen, in denen die betreffenden Typen am besten charakterisiert auftreten.

Die grössten Temperaturschwankungen zeigt die Oberflächenschicht der Seen, ihre Temperatur ändert sich von Ort zu Ort und von Zeit zu Zeit. Die tägliche Periode hat ein Maximum am Ende des Tages, ein Minimum am Ende der Nacht und steigt in mittlern Breiten auf 2 — 4° ausnahmsweise bis auf 6°. Die jährliche Periode hat ein Maximum in

der warmen, ein Minimum in der kalten Jahreszeit, die Amplitude der Schwankung hängt von dem klimatischen Verhältnisse der bezüglichen Gegenden ab. In den tropischen Seen sinkt das Minimum nicht unter 4°, das Maximum kann auf 25—30°, ja noch höher steigen. In den polaren Seen schwankt die Temperatur der Oberfläche nur zwischen 0 und 4°. In den temperierten Seen ist sie während der kalten Jahreszeit unter 4°, in der warmen über 4°. In den tiefen Seen der gemässigten Zone steigt sie auch im Hochsommer kaum über 25°.

Der momentane thermische Zustand der Wassermasse des Sees ist stets das Resultat eines in einem frühern Momente bestandenen Wärmezustandes und der verschiedenen, seit jenem Moment durch verschiedene Einflüsse hervorgebrachten Änderungen. Wenn diese modifizierenden Einflüsse den Sinn der thermischen Schichtung des Wassers nicht ändern, so bleiben die übereinander gelagerten Schichten ungestört ruhen, und die Schichtung verschärft sich noch. Wenn dagegen jene modifizierenden Einflüsse dahin arbeiten, den Sinn der Schichtung umzukehren, also z. B. an Stelle der direkten die verkehrte Temperaturschichtung oder umgekehrt zu setzen, so bilden sich thermische Konvektionsströme, die eine vollständige Aufhebung der Schichtung zur Folge haben.

Da der Wechsel von Erwärmung und Abkühlung von den zum Teil regelmässig periodisch, zum Teil aber auch unregelmässig aperiodisch auftretenden Witterungsvorgängen abhängig ist, so ist die Kurve, die die vertikale Temperaturänderung im See zeigt, oft sehr kompliziert; es zeigen sich meist übereinander gelagerte Spuren alternierender Ausgleichungs- und Schichtungsvorgänge. Nach Ed. Richter's[1]) Vorgang nennt man diejenige Schicht, in der die Stratifikation plötzlich ihren Habitus ändert, Sprungschicht. In der Sprungschicht sind die Temperaturunterschiede der einzelnen Schichten sehr gross. Die Sprungschicht kann sich in jeder beliebigen Tiefe befinden, desgleichen können verschiedene »Sprünge« in verschiedenen Schichten desselben Temperaturprofils auftreten.

Hat sich in einem See oder auch nur in einem Teile desselben, der von der pelagischen Region durch eine thermische Barre getrennt ist, die verkehrte Temperaturschichtung eingestellt, so kann bei andauernder Kälte die Temperatur der Oberfläche auf 0° sinken. Weitere Wärmeverluste führen alsdann zur Bildung von Eiskrystallen.

Das eigentliche Zufrieren eines Sees erfolgt nach der Bildung einer dünnen Eisschicht, durch Verdickung derselben an der Unterseite. Das Gefrieren eines Sees findet erst dann statt, wenn die Oberflächentemperatur auf 0° gesunken ist. Das warme Sommerwasser muss sich bis unter 4° abgekühlt haben und so zum kalten Winterwasser geworden sein. Erst dann stellt sich die verkehrte thermische Schichtung ein, die das Gefrieren ermöglicht. Das Zufrieren eines Sees, der im Sommer hohe Temperaturen aufweist, erfolgt daher erst spät im Winter. Unter sonst gleichen Verhältnissen tritt die Abkühlung, die das Gefrieren ermöglicht, um so später ein, je tiefer der See ist.

Da das Wasser nicht vollkommen durchsichtig ist, so nimmt die Intensität des einfallenden Lichtes mit der Tiefe ab, und in einer bestimmten Tiefe muss praktisch Dunkelheit herrschen. Die Grenze der absoluten Dunkelheit für das menschliche Auge liegt in vertikaler Richtung etwa in der Tiefe von 60 *m*. Wesentlich tiefer (bis zu 240 *m*) liegt die Grenze der photographischen Einwirkung des Lichtes.

Bezüglich der Refraktionserscheinungen sind zwei Typen festzuhalten, nämlich Refraktionen über warmem und kaltem Wasser. Für erstere ergiebt sich: »a) Der scheinbare physische Horizont ist herabgedrückt. b) Der scheinbare physische Gesichtskreis ist zusammengezogen, d. h. die äussersten

---

[1]) Richter. Die Temperaturverhältnisse des Alpenseen. IX. deutscher Geographentag. Wien 1891.

Punkte der Seeoberfläche, die man sieht, sind näher gerückt. c) Innerhalb dieses Gesichtskreises erscheint infolge dessen die Konvexität der Seeoberfläche übertrieben. Man glaubt, ein Stück der konvexen Kugelfläche der Erde wahrzunehmen, während das sonst nicht der Fall ist. d) Wenn der See Wellen schlägt, so erscheint der Horizont ausserordentlich stark gezahnt, da die Wellenkämme übertrieben hoch scheinen. e) Einen dicht über dem Wasser und über dem scheinbaren physischen Horizonte gelegenen Punkt sieht der Beobachter doppelt; denn zwei der von ihm ausgehenden Strahlen gelangen gleichzeitig in das Auge. Der eine dieser Strahlen wird nicht gebrochen, da er die tiefsten Luftschichten nicht passiert; er verläuft geradlinig und erzeugt im Auge des Beobachters ein normales Bild des Ausgangspunktes. Der andere wird gebrochen; er geht vom Objekte etwas schräg abwärts, dringt in die unterste, erwärmte Luftschicht ein, wird hier total reflektiert, beschreibt eine krumme, nach oben konkave Linie und gelangt etwas schräg von unten in das Auge; er bringt ein Bild des Ausgangspunktes hervor, das unter dem ersten liegt.

Aus der Kombination der verschiedenen Punkte eines beleuchteten Körpers entstehen auf diese Weise zwei Bilder, von denen das obere aufrecht, das untere dem obern symmetrisch und verkehrt ist (der Totalreflexion wegen). Diese Erscheinung führt allgemein den Namen der Luftspiegelung (mirage). Im Herbste und Winter, wenn sich die Luft schneller abkühlt als das Wasser, treten solche Refraktionserscheinungen über warmem Wasser beinahe zu jeder Tageszeit auf. Desgleichen zeigen sie sich im Frühlinge und im Sommer am frühen Morgen, weil sich die Luft während der Nacht stärker abgekühlt hat als das Wasser.

Über kaltem Wasser zeigt die Luft die direkte thermische Schichtung. Die in der Nähe der Wasseroberfläche dieser fast parallel verlaufenden Lichtstrahlen beschreiben eine nach unten konkave Bahn. In das Auge des Beobachters gelangen sie in absteigender Richtung, die von der Vertikalen weniger abweicht, als das ohne Refraktion der Fall wäre. Es ergiebt sich daraus:

a) Der scheinbare physische Horizont ist gehoben; er liegt hoch über dem wahren physischen Horizonte.

b) Der scheinbare physische Horizont liegt jenseits des wahren Horizonts;

c) Innerhalb des Horizonts erscheint die Oberfläche des Sees konkav; eine Vertiefung scheint vor dem Beobachter zu liegen.

d) Objekte, die unter normalen Verhältnissen wegen der Krümmung der Erdoberfläche ausserhalb des Gesichtskreises liegen würden, sind sichtbar.

e) Dicht über dem Wasser, oberhalb des gehobenen scheinbaren physischen Horizonts liegende Punkte sieht man von oben nach unten zusammengedrückt und verzerrt. Ihre Höhendimensionen scheinen abgenommen zu haben.

Refraktionserscheinungen über kaltem Wasser treten in den Nachmittagsstunden der Frühlings- und Sommertage auf, wenn die Sonnenwärme die Temperatur der Luft stärker erhöht hat als diejenige des Wassers.«

Von besonderem Interesse ist der Übergang der Refraktionserscheinungen über warmem, zu denjenigen über kaltem Wasser. »An einem schönen Frühlingstage kann die Luft, die während der Nacht und am Morgen kälter war als das Wasser, sich sehr rasch erwärmen, die Temperatur des Wassers erreichen und schliesslich übertreffen. Bei Windstille folgen die Refraktionserscheinungen nicht sofort den Änderungen der Temperatur, die ein am festen Lande wenige Meter über der Seeoberfläche aufgehängtes Thermometer anzeigt. Die Spiegelungen, wie sie über warmem Wasser auftreten, bleiben oft noch stundenlang bestehen, auch wenn die Luft erheblich wärmer geworden ist, als das Wasser. Die unter solchen Bedingungen entstandenen Bilder zeigen sämtliche Eigenschaften, die den Spiegelungen über warmem Wasser eigen sind, mit einem einzigen Unter-

schiede: das umgekehrte untere Bild, statt dem obern, aufrechten gleich und symmetrisch zu sein, erscheint zwar symmetrisch, aber von oben nach unten zusammengedrückt. Seine Höhe ist nur die Hälfte oder sogar nur ein Viertel der Höhe des obern Bildes. Wir haben diese Erscheinung als Spiegelung über kaltem Wasser bezeichnet. Ganz plötzlich ändert sich nun das Bild, wahrscheinlich unter dem Einflusse eines vom Lande her streichenden Windes, der das labil gewordene Gleichgewicht der Luftschichten stört. Die Refraktionsbilder über kaltem Wasser erscheinen zuerst an einem Ende des Horizonts und nehmen allmählich dessen ganze Peripherie ein. Da wo sich diese Veränderungen in grösserer oder geringerer Breite vollziehen, erscheint das eigentümliche Phänomen der Fata morgana.[1]) Beleuchtete jenseits des Gesichtskreises befindliche Objekte werden in der Luft sichtbar, aber deformiert zu nebeneinander liegenden Rechtecken. Der obere Teil des Bildes ist die Fortsetzung des Horizonts, gehoben durch die Refraktion über kaltem Wasser, der untere Teil die Fortsetzung des Horizonts deprimiert durch die Spiegelung, wie sie über warmem Wasser stattfindet. Diese Rechtecke erwecken den Eindruck einer felsigen Steilküste eines Kliffs oder noch mehr von Häusern, die am Quai einer Riesenstadt gelegen sind. Die ganze Erscheinung der Fata morgana mit ihren Palästen verschiebt sich in dem Masse am Horizonte, als die Refraktion über kaltem Wasser den Raum einnimmt, den die Refraktion über warmem Wasser verliert.

Der umgekehrte Vorgang, der Übergang der Spiegelung über kaltem zur Spiegelung über warmem Wasser findet nachts statt und entzieht sich daher der Beobachtung.«

Seestudien. Unter dieser Bezeichnung hat J. Damian seine Untersuchungen über mehrere Seen veröffentlicht.[2]) Es sind folgende:

Lago di Serraia. Dieses flache Seebecken liegt zwischen Cost'alta und Monte Chiara. Seine grösste Ausdehnung von Nordosten gegen Südwesten beträgt 1.3 *km*, seine grösste Breite gegen das untere Ende 0.5 *km*. In frühern Zeiten hat die Längenausdehnung mehr als 2 *km* betragen. Am Südufer erhebt sich ca. 100 *m* über dem See ein jung bewaldeter, nach allen Seiten steil abfallender Quarzporphyrhügel, der einen guten Überblick über den See und die ihn begrenzende Gegend bietet.

Zuflüsse erhält der See von mehrern Seiten, den bedeutendsten von Nordosten her — den Abfluss des Sees von Piazze — zwei kleinere von der Südostseite, den einen davon aus dem Wiesengrunde am Fusse der Cost'alta und deren Abhange, den andern aus dem alten, jetzt nur mehr in Spuren angedeuteten Seebecken, das vor Zeiten bei Miola lag. Die Gestalt des Sees ist einförmig. Grössere Strecken des Randes sind schon ganz versumpft, so am obern Teile, wo das Schilf weit in den See hinein reicht. Auch das Nordwestufer ist von bald breitern, bald schmälern Schilfstreifen begleitet, und am Ausflusse ist eine grössere Fläche mit Schilf bedeckt. Im Beckenboden ist die etwas auffällige Erscheinung zu beobachten, dass am obern Teile, dort wo sich das Steilufer dem See am meisten nähert, der Boden eine trichterförmige Vertiefung aufweist, in die das Lot von 10 auf 15 *m* hinabsinkt. Der Wasserstand schwankt um Beträge bis zu 1 *m*.

Der Abfluss des Sees, Silla genannt, fliesst zuerst unter geringem Gefälle bis Baselga di Pinè, erhält von dort an einen raschern Lauf und stürzt bei S. Mauro wasserfallartig zur Ebene des Sees von S. Mauro, den

[1]) A. Delebecque erklärt die Fata morgana durch eine Kombination verschiedener superponierter Spiegelbilder. Archives de Genève XXVII. 358. 1892.

[2]) Abhandlungen der k. k. geogr. Gesellschaft in Wien 1. p. 79 ff.

er abgedämmt hat, hinab, so dass er vom Ausflusse auf einer Strecke von 2.7 *km* um 350 *m* fällt.

Lago delle Piazze. Dieser See liegt 1.5 *km* thaleinwärts von dem eben behandelten und um 39 *m* höher; seine grösste Länge beträgt 1 *km*, seine Breite nur 400 *m*. Die Längenaxe verläuft in der Richtung des Thales von SW gegen NO. Die Umgebung des Sees ist einförmiger, der Ausblick beschränkter, als beim See von Serraia, obwohl auch ihm der landschaftliche Reiz nicht ganz fehlt. Der See hat eine sehr geringe horizontale Gliederung, nur am Ostufer sind zwei flache Ausbuchtungen. Das Becken des Sees bietet auch keine nennenswerten Auffälligkeiten, mit Ausnahme einer schmalen Bodenschwelle im südwestlichen Teile, die sich ca. 3 *m* über die grösste Tiefe, im Betrage von 19 *m*, erhebt. Die Uferlinie, wie das Becken, bleiben nicht konstant. Aber die Veränderungen sind nicht eine Folge der zufliessenden Gewässer, sondern der Terrainveränderungen des Westufers. Nach den Aussagen des Fischers erfolgen hier öfters Rutschungen des losen Terrains, die man Slavini nennt. Baumstämme am Seegrunde nahe beim Fischerhause sind ein genügender Beweis für die Richtigkeit dieser Aussage. Zuflüsse von Bedeutung hat der See nicht. Eine kleine Wasserader erhält er vom Abhange der Cost'alta; sie ist aber belanglos, da sie einen grossen Teil des Jahres offenbar gar nicht fliesst. Und doch hat sie ein nicht unbedeutendes Anschwemmungsgebiet geschaffen. Noch geringer sind die Wasserfäden aus dem Gebiete des Monte Chiara oder längs dem Wege, der an der Ostseite des Sees thaleinwärts führt. Der Ausfluss des Sees geht auch nur bei sehr hohem Wasserstande oberirdisch, meistens unterirdisch vor sich. Es kommt auch vor, dass das Wasser eine kurze Strecke oberirdisch abfliesst und dann unter den im Rinnsale liegenden losen Gesteinstrümmern verschwindet. In einer Entfernung von 1 *km* vom untern Seeende, ca. 35 *m* unter dem Seespiegel, treten an mehrern Stellen grössere Quellen an das Tageslicht, die sofort einen Bach bilden. Sie hatten am 9. September 1895 um 8^h früh 8.7^0 bei ganz reinem Wetter und einer Lufttemperatur von 10^0. Die Quellen liegen somit, da der See 35 *m* tief ist, im Niveau des tiefsten Seebodens.«

Pragser Wildsee. Derselbe gehört zu den Abdämmungsseen (wie der vorherige) und liegt im hintern Teile des Neupragserthales, eines linken Seitenthales des obern Pusterthales, 1496 *m* über dem Meere. Die Gestalt des Sees ist länglich, im S etwas abgerundet; im N hat er eine zackenartige Fortsetzung zwischen dem Hügel und dem Abhange des östlichen Berges. Die östliche Seeseite ist ihrer ganzen Länge nach ungangbar, da hier die Felsen mit steilen, an einzelnen Stellen senkrechten Wänden zum Seespiegel abfallen. Nur ganz im S wird die östliche Wand von einer starkgeneigten Schutthalde abgelöst. Am Südufer liegt eine mächtige Schutthalde, die vom Fusse der Abstürze des Seekofels bis zum See reicht und mit dünnem, aus Lärchen, Fichten und Zwergkiefern bestehendem Walde bedeckt ist. Im Südwestwinkel des Beckens liegt ein flacher, ebenfalls bewaldeter, meist aus kleinem Materiale zusammengesetzter Schuttkegel, den der Bach aus dem Grünwaldthale herbeigeführt hat. Das Westufer begleitet der Weg; der anstehende Fels (Dolomit) tritt an mehrern Stellen über und unter dem Wege zu Tage. Nur das Nordwestufer ist in einer geringen Erstreckung flach. Dieser Gestaltung der Seegestade entspricht im grossen und ganzen auch die Form des Seebeckens. Seine Wandungen sind steil im O, W und S, sanft geneigt im N am Ausflusse, wo der Seeboden allmählich zu dem tiefsten, fast ebenen Grunde hinabsinkt.

Der Ausfluss des Sees erfolgt gegen den See von Serraia. Die Farbe des Sees ist nicht überall gleich; am Ufer und bis zur Tiefe von 5 *m* ist sie licht-, dann dunkelgrün. Der See von Serraia ist dagegen in seiner Färbung sehr eintönig, da er fast durchaus schmutziggrün, meist schwärzlich gefärbt ist, besonders, wenn er auch nur wenig vom Winde bewegt wird. Auch ist ein grosser Teil seines Bodens am untern Ende mit Schilf

oder Seegras bedeckt. Die Durchsichtigkeit des Wassers ist beim Lago delle Piazze grösser, als beim Lago della Serraia; bei jenem konnten die Marken an der Messschnur noch bis zu 4 *m* deutlich gesehen werden, bei diesem kaum mehr bis zu $2^1/_2$ *m*. Beim Winde trübt sich der See von Serraia wegen seiner geringen Tiefe sehr rasch; seine Farbe wird dann braun. Gegen Ende des Monats November oder am Beginne des Dezembers bildet sich auf beiden Seen eine Eisdecke, die bis zum März, manchmal auch bis zum April hält und so stark wird, dass man mit Holzfuhren darüber fahren kann. Gehört der See von Serraia zu den Felsbecken, so muss der Lago della Piazze zu den Abdämmungsseen zwischen zwei Schuttkegeln gezählt werden.

Antholzer See. Gehört der Pragser See zum Gebiete der Kalkalpen, so liegt der Antholzer See in der Zentralzone, 22 *km* nördlich von jenem auf der obersten Stufe des gleichnamigen Thales in 642 *m* Seehöhe. Dieses mündet gegenüber Olang ins Pusterthal und zieht sich zuerst nördlich bis zum Bade Salomonsbrunnen, dann nordöstlich; im obersten Abschnitte ist seine Richtung östlich bis zum Stallersattel.

Das Becken des Sees hat seine flachsten Stellen beim Ausflusse und in dem südwestlichen Teile, wo der schilfbestandene Boden weit hineinreicht. Sehr steil sind die Wände des Seebeckens in dem obern Teile; ausgedehnt ist auch die Bodenfläche innerhalb der Tiefenlinie von 30 *m*, ungefähr 40% der ganzen Oberfläche umfassend.

Die Farbe des Sees ist im allgemeinen grün, aber dieses Grün hat nicht so auffallende Abstufungen wie jenes des Pragser Sees. Der See erhält mehrere Zuflüsse, so von den Abhängen der Roten Wand, wo ein kleiner Bach seine Anschwemmungsmassen in den seichten See hinausschiebt; den bedeutendsten erhält er aus dem Osten; auch hier dürfte wie beim Pragser See ein grosser Teil des Wassers im Schuttkegel verschwinden und dem See unterirdisch zufliessen, da das dem See oberirdisch zuströmende Wasser in keinem Verhältnisse zum Einzugsgebiete und zum Ausflusse steht. Allerdings nimmt der See auch am untern Ende vom Nord- und Nordwestabhange noch einen sichtbaren Zufluss auf, der ihn über einen Schuttkegel erreicht.

Der See erscheint schon in mehrern Werken als Abdämmungssee. Zwei Schuttkegel haben ihn gestaut; der kleinere liegt rechts vom Ausflusse und hat seine Schuttmassen von dem Gipfel erhalten, die den Kulminationspunkt der Riesenferner, den Hochgall (3440 *m*) im Süden umstehen; der grössere liegt links. Dieser ist von dem Abhange der »Roten Wand« (2880 *m*) ausgegangen und hat den Bach vollständig auf die entgegengesetzte Thalwand gedrängt, längs deren dieser bis zum Mitterthale hinabbraust. Auf diesen gewaltigen Schuttmassen sind kleinere Schuttkegel aufgesetzt.

Das Eis bildet sich auf dem See im Laufe des November und taut erst um die Mitte des Monates Mai auf. Es trägt stark beladene Fuhrwerke.«

Der Dratzigsee in Pommern ist von Dr. W. Halbfass untersucht worden.[1]) Er erstreckt sich in nordsüdlicher Richtung von 53° 39′ bis 53° 33′ und in westöstlicher von 33° 46′ bis 33° 55′. Hierbei ist der östlich von Dratzig gelegene Sarebensee mit eingerechnet, der von ihm nur durch ein kurzes Fliess und eine schmale Landzunge getrennt ist. Will man aber den Sarebensee als einen selbständigen See auffassen, dann reicht der Dratzig östlich nur bis 33° 54′. Seine Meereshöhe beträgt nach der Generalstabskarte des

[1]) Globus 1900. No. 1.

Deutschen Reiches (in 1 : 100000) 128 *m*, seine sonstigen morphometrischen Verhältnisse fasst Halbfass in folgende kleine Tabelle zusammen:

Areal *qkm*	Umfang[1] *km*	Umfangsentwickelung[2]	Grösste Länge *km*	Grösste Breite *km*	Volumen *cbkm*	Grösste Tiefe *m*	Mittlere Tiefe *m*	Verhalten beider	Mittlere Böschung
Mit Inseln 18.79	76	4.92	11.5	6.5	0.357	83	20	24 %	6°

»Mit 83 *m* Maximaltiefe steht der Dratzigsee an der Spitze sämtlicher norddeutschen Landseen, soweit ihre Tiefen bekannt sind, er hat den bis dahin als tiefsten See dieser Gruppe angesehenen Schaalsee an der Grenze von Lauenburg und Mecklenburg um 13 *m* und das Pulvermaar in der Eifel um 7 *m* geschlagen, um ebensoviel den Chiemsee, um 5 *m* den Ammersee, um 12 *m* den Tegernsee, um 17 *m* den Kochelsee und um 22.5 *m* den Gr. Plönersee in Ostholstein, der bislang als zweittiefster See Norddeutschlands galt. Neben dieser absoluten grossen Tiefe zeichnet sich aber der Dratzig wenigstens in seiner Mitte und noch mehr in seinem nach Tempelburg zu gelegenen südlichen Drittel durch eine ausserordentlich grosse Unebenheit des Bodens aus, welche natürlich in der hierbei gegebenen Übersichtskarte nicht im entferntesten zum Ausdruck kommen kann. Auf Grund von 1280 Lotungen, es kommen also durchschnittlich auf je 3 Hektar zwei Lotungen, wurde eine Karte des Sees von 1 : 6250 entworfen, welche die Grundlage für die weitern morphometrischen Berechnungen bildete. Die relativ geringe mittlere Tiefe des Dratzig rührt von der grossen Seichtheit der Buchten her, so ist die grosse Bucht südlich und östlich des Königswerder meist nur 6—7 *m*, die Bucht zwischen Eichwerder und Blumenwerder im Durchschnitte wenig über 10 *m* tief und selbst in das eigentliche Mittelstück, das sonst grössere Tiefen aufweist, schiebt sich von dem Abbaue Augenreide aus östlich ein grosses flaches Gebiet, der sogenannte Hechtberg, tief in den See hinein. Bei Tempelburg wird durch das Delta des Mühlenbaches ein besonderes Becken im äussersten Süden des Sees abgeschnürt.

Die Ufer des Sees sind, namentlich am Südende und auf beiden Seiten des nördlich vom Kalkwerder gelegenen Teiles, sowie zwischen dem Kalkwerder und dem Ostufer flach, erreichen dagegen

[1]) Bludau giebt ihm in seiner bekannten Monographie über die Hydro- und Orographie der preussischen und pommerschen Seenplatte (Erg.-Heft 110 von Petermann's Mitteilungen) ein Areal von 18.90 *qkm*.

[2]) Die Umfangsentwickelung eines Sees ist diejenige Zahl, welche angiebt, wie viel mal grösser sein Umfang ist, als derjenige eines Kreises gleichen Areals; sie steigt natürlich, je weniger Ähnlichkeit der See mit einer Kreisgestalt, und je mehr Buchten Halbinseln, Inseln derselbe besitzt.

beim Königswerder, in der Calenberger Bucht, am Homelbusch und in den beiden südwestlichen Buchten eine Höhe bis zu 30 *m* und darüber. Zweifellos gehört der Dratzig zu dem Typus der Grundmoränenseen im Sinne Wahnschaffe's, doch darf man nicht ausser Acht lassen, dass die grössere nördliche Hälfte des Sees sich bereits im Gebiete des oberdiluvialen Heidesandes befindet, welche westlich von Neustettin sich zwischen den beiden Zweigen der Moränenlandschaft einschiebt, ihr Bodenrelief trägt auch einen ganz andern Charakter, als das Mittelstück und die Südhälfte und verleiht ihr den Eindruck eines Beckensees«. Die gewaltig tiefen Kessel im Südstücke möchte Halbfass im Sinne von E. Geinitz auf Evorsion zurückführen.

»Durchflossen wird der Dratzig von der Drage, welche im Gebiete der sogenannten fünf Seen in ca. 215 *m* Meereshöhe entspringt, zuerst die kleinen fünf Seen durchfliesst, sodann den Prossin- und den Sarebensee, nach dem Dratzig den Reppowsee, Crössinsee, Lübbesee, Gr. Dammsee und, schon in der Neumark, den Neuwedellsee, und unweit Kreuz in die Netze mündet.

Zahlreiche Temperaturmessungen wurden sowohl in den Sommermonaten Juni und Juli, wie im Winter unternommen; jene liessen deutlich den Einfluss der Beckengestalt auf die Wärmeverhältnisse erkennen, insofern unmittelbar hintereinander gemachte Messungen im Sarebensee, in flachern und tiefern Teilen des Dratzig ganz abweichende Resultate ergeben.

Der Dratzig friert meist gegen Neujahr zu. Einmal gefroren, bleibt die Eisdecke, wenn die Witterung nur einigermassen kühl ist, lange zu, oft noch bis in den April hinein, doch bleibt die Begehung den ganzen Winter hindurch gefährlich, da sich, namentlich in der Mitte, zahllose dünne Stellen befinden, welche dem Unerfahrenen Verderben bringen.

Der Boden des Sees besteht, namentlich im Südteile und Mittelstücke, aus mit Kalk reichlich versetztem Lehme mit sehr geringem Pflanzendetritus, im nördlichen Teile und dessen Buchten nimmt er einen sandigen Charakter an, reicher an Moder sind die Buchten, namentlich die Ostbucht südlich vom Königswerder und die letzten Enden der beiden nördlichen Buchten. Während das Mittelstück und der Südteil sehr pflanzenarm sind, finden sich ausgedehnte Rohr- und auch Schilfbestände in allen übrigen Teilen des Sees, am üppigsten in der Westbucht zwischen dem Blumen- und dem Eichwerder besonders in der schmalen Bucht, die sich vom Eichwerder grabenartig nordwärts zieht.«

Der Eichener See im südlichen Schwarzwalde ist von Knierer geschildert worden.[1]) Dieser See erscheint oft erst nach mehrern Jahren wieder, oft aber auch mehrmals in einem Jahre.

[1]) Monatsblätter des badischen Schwarzwaldvereines 2. Heft 11.

Bei höchstem Wasserstande, zuletzt 1881 und 1883, wird er 3.5 *m* tief und erreicht eine Grösse von 2.62 Hektar. Im Jahre 1772 ertranken im See fünf Personen, 1876 ein Mann. Ein Zusammenhang mit der bekannten Erdmannshöhle bei Hasel existiert nur insofern, als beide Erscheinungen ihre gleiche Ursache in der eigenartigen Formation des hier dem Rotliegenden aufgelagerten Muschelkalkes haben. Das Niederschlagwasser, das immer Kohlensäure absorbiert enthält, versinkt in den Spalten des Gesteines, dieselben dabei vergrössernd, und sucht sich unterirdisch seinen Weg. Bei übergrossem Wasserandrange vermag das unterirdische Bachbett allein die bedeutenden Wassermassen nicht mehr zu fassen, die dann nicht rasch genug abfliessen können, sondern nach dem Gesetze der kommunizierenden Röhren durch die Risse und Fugen des Gesteines zu Tage treten und dann den Eichener See bilden. Diese Bewegung des Wassers geschieht hier sehr langsam, der See tritt nie unmittelbar nach den Wassergüssen zu Tage, sondern erst nach geraumer Zeit. Das Maximum der Höhe erreicht der See erst nach zwei bis fünf Wochen und bleibt dann gewöhnlich einige Zeit in gleichem Stande. Später fliesst das Wasser nicht bloss durch jenen unterirdischen Bach ab, sondern auch durch zwei oberirdische Wasseradern. Im Jahre 1898 war der See nur ganz kurze Zeit im Frühjahre vorhanden, so dass die Wiesen, welche seine Stelle einnehmen und ein sehr gutes Gras liefern, abgenutzt werden konnten. Es wäre sehr zu wünschen, wenn über dieses merkwürdige Naturspiel, einen Zirknitzer See im Kleinen, das in Deutschland so ziemlich einzig dasteht, während es ja in Ländern mit vielem Karstboden, wie in den südöstlichen Alpen und Italien, häufiger vorkommt, während eines längern Zeitraumes genaue Beobachtungen angestellt würden, namentlich auch in Zusammenhang mit der meteorologischen Station in dem benachbarten, etwa 300 *m* höhern Schweigmatt.[1])

Die Seen am Reschen-Scheideck. Eine limnologische Studie über diese Seen hat Prof. Dr. Joh. Müller in Wien veröffentlicht.[2]) Trotz ihrer grossen Höhenlage von 148—150 *m* sind die Ufer der drei Seen dauernd bewohnt, weil die wichtige Verbindungsstrasse zwischen Oberinnthal und oberem Vintschgau an ihnen vorüber führt. Infolgedessen liegen vieljährige Beobachtungen über Wasserstands- und Eisverhältnisse dieser vorzugsweise von Gletscherbächen gespeisten Seen vor. Über die Tiefe derselben war indessen nichts bekannt, und erst die Lotungen von Dr. J. Müller haben hierüber Aufklärung gebracht. Der Reschensee stellt in seinem südlichen Abschnitte den westlichen Teil eines alten grössern Beckens dar, das bis Graun gereicht haben dürfte. Der Mitter- oder Grauner-

[1]) Globus 77. p. 20.
[2]) Geogr. Abhandlungen, herausgegeben von Prof. Penck. 7. Heft 1. Wien 1900.

See ist ziemlich symmetrisch gebaut, er wird mit der Zeit durch die Geschiebe des Carlinbaches zugeschüttet werden. Der Haidersee hat eine flache Wanne, und seine grösste Tiefe beträgt 16.5 *m*. Folgendes sind einige der von Müller angegebenen morphologischen Verhältnisse der Seen:

	Areal *qkm*	mittlere Tiefe *m*	Volumen Millionen *cbm*
Reschensee	0.91	8	7.46
Mittersee	0.61	7	4.52
Haidersee	0.89	7	6.51

Bezüglich der Entstehung der Seen kommt Dr. Müller zu dem Ergebnisse, dass dieselben aufs innigste mit der Geschichte der Thalöffnung verknüpft ist. Sie sind ein Produkt von Gletschererosion und Abdämmung. Die Änderungen des Wasserstandes sind in erster Linie eine Wirkung der Schneeschmelze, in zweiter, erst eine solche der Niederschläge.

Die Erforschung des Plattensees ist im Auftrage der Ungarischen geographischen Gesellschaft durch eine besondere Kommission unternommen worden. Die Ergebnisse dieser grossen und eingehenden Untersuchung erscheinen in einem umfassenden Werke ungarisch und deutsch (»Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees«), welches zur Zeit beinahe vollendet ist. Dieses Werk umfasst nicht nur die physische Geographie des Sees, sondern auch dessen biologische und socialgeographische, sowie anthropo-geographische Verhältnisse. Der erste Band beschäftigt sich mit der physischen Geographie des Balatonsees. Dieser letztere ist in Bezug auf Grösse eines der bedeutendsten Wasserbecken Mitteleuropas, indessen ist seine Tiefe ausserordentlich gering, sie schwankt zwischen 3 und 5 *m* und erreicht nur ausnahmsweise 11 *m*. Merkwürdig sind die »Seiches« der Oberfläche, von denen fünf durch v. Cholnoky, der die Limnologie des Balatonsees bearbeitete, nachgewiesen worden. Die längste Periode derselben ist 10—12 Stunden, die kürzeste 43 Minuten. Das Wasser des Sees ist »ein Alkali- und Erdalkalimetallwasser und weicht in dieser Beziehung von dem Wasser der grössern Seen des Kontinentes wesentlich ab.« In Bezug auf seinen Kieselsäuregehalt kommt ihm nur der Zürichersee näher.

Der Švicasee in Kroatien wird von Prof. v. Hranilovič in Agram beschrieben.[1]) Derselbe liegt bei Otočac und an der Binnenseite des Velebit. Die Umgebung von Otočac ist ein 450 *m* hohes, vollständig ebenes, aber geschlossenes Thal, das sich nach seiner Längsaxe von SO sehr schwach gegen NW neigt und zwischen 1100 *m* hohen Ausläufern des Velebit eingelagert ist. In dieser Richtung durch-

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau 23. p. 108.

fliesst es der in zahlreiche Arme gespaltene Gackafluss. Die das Hochthal umfassenden Bergzüge bieten in Form und Entstehung ganz eigentümliche Erscheinungen. Die grundlegende gebirgsbauende Kraft ist hier die Faltung der Trias und Kreidekalke. Dazu treten aber noch mannigfaltige andere orogenetische Momente, so dass die heutigen Formen des Bodens als Endresultat sehr verschiedener Kräfte erscheinen.

Das Otočaner Hochthal senkt sich stetig mit geringem Falle gegen NW und verzweigt sich zwischen den Ausläufern des Velebit in das Thal von Košare, Kompolje und Brlog. Der kürzeste Arm der Gacka fliesst von Otočac direkt gegen West gegen den 1500 *m* hohen Rücken des Velebit und dringt in ein enges Sackthal. Knapp vor Švica erweitert sich bei Poljice das Thal ein wenig, und hier befindet sich noch ein rudimentärer See, der Überrest jenes grossen Sees, der früher das ganze Otočaner Thal einnahm und noch in historischer Zeit den Ort selbst umgab.

Aus dem kleinern, obern See bei Poljice fliesst die Gacka etwa 1 *km* in einem engen Thale nach Švica und fällt hier über eine Stufe ihres steinigen Bettes zwischen Wehren und Klippen tosend zu dem See etwa 30 *m* hinab. Das Seebecken ist ein Oval, dessen Längsaxe von Ost nach West gerichtet ist und etwa 5 *km* misst.

Das Becken selbst ist durch die Sedimente der Gacka mit gelbem Lehme belegt und in den gegen Westen einfallenden Kalkschichten eingelagert. Die Ufer werden von steil abfallenden, gegen 200 *m* hohen Hügeln gebildet, zwischen denen verschiedene Karsttrichter das Wasser aufnehmen. Dieselben sind jetzt gereinigt und im Stande gehalten, so dass Überschwemmungen nicht mehr möglich sind. Noch vor wenigen Jahren stieg der See infolge der raschen Schneeschmelze etwa 34 *m* über den gewöhnlichen Stand und setzte die Häuser bis zum Dache unter Wasser.

Nun beginnt die Steigung des Wassers gewöhnlich im November und dauert bis in das Frühjahr. Im Juni fällt das Wasser langsam bis zum August, wo dann das Becken einige Zeit leer steht, und nur ein Wasserstrang am Seegrunde übrig bleibt, der rauschend in einen Trichter fällt.

Wohin das Wasser strömt, ist noch nicht sicher bekannt; ein Teil davon tritt nach einem unterirdischen Laufe von 19 *km* bei Sv. Juraj unweit Senj im Meere aus. Dabei hat der Fluss den ganzen Velebit durchquert.

Ausser den Wasserfällen, an denen sich eine industrielle Kolonie aus Mühlen, Stampfen etc. bestehend, gebildet hat, bietet der See wenig landschaftliche Schönheit; auch verändert sich in ihm das schöne, grüne Wasser der Gacka, und der See erscheint in seiner ziemlich kahlen Umgebung ohne besondere Farben. Der durch den Fall der Gacka aufgewühlte Lehm verleiht ihm eine graue Färbung.

Interessant sind aber seine Temperaturverhältnisse. Die Gacka ist ein echter Karstfluss, der an seiner Quelle sofort Mühlen treibt.

Sein Wasser behält daher das ganze Jahr hindurch eine niedrige Temperatur, die selten 15° übersteigt. Der See dagegen zeigt auch 21 — 22°. Im Juli scheint die Temperatur das Maximum zu erreichen, dabei sinkt aber die Temperatur des Sees um ein Geringes. Dieses wurde folgendermassen nachgewiesen.

Mitte Juli 1900 zeigte die Gacka 12°, und ihre Temperatur stieg gegen Ende des Monates bis auf 14.5°. Die Steigerung erfolgte merkwürdigerweise in Intervallen von drei Tagen, so dass durch drei Tage dieselbe Temperatur anhielt, und dann erst eine Erhöhung eintrat. Der See zeigte zu derselben Zeit 18°, erwärmte sich bei der niedrigsten Temperatur der Gacka auf 20°, und dann nahm seine Temperatur bis 17° ab, während das Wasser der Gacka konstant wärmer wurde. Da die Gacka die alleinige Wasserzufuhr bildet, so ist diese merkwürdige Umkehr der Temperatur allein auf ihren Einfluss zurückzuführen.

Eine Erklärung dieser Erscheinung dürfte sich vermutlich aus dem Mischungsprozesse des Wassers ableiten lassen.

Da die Gacka als Fall in den See tritt, so breitet sich ihr Wasser, solange eine bedeutende Temperaturdifferenz besteht, nicht an der Oberfläche des Seespiegels aus, sondern senkt sich sofort zur Tiefe, um durch die Trichter abzufliessen. Eine Mischung findet wohl nur im geringen Grade statt, und das im Seebecken gestaute Wasser hat Zeit, sich an der Oberfläche zu erwärmen.

Nun beginnt die Temperatur des Gackawassers zu steigen; dies geschieht gerade zu der Zeit der geringen Niederschläge, und ausserdem nimmt die Wassermenge des Sees langsam ab. Durch die steigende Temperatur des Gackawassers wird dasselbe leichter, es sinkt nicht als kalter Strom ungemischt zur Tiefe, sondern reicht weiter an die Oberfläche, und die Mischung wird inniger. Da jedoch auch das erwärmte Gackawasser um einige Grade hinter der Temperatur des Seewassers bleibt, so entzieht sie ihm etwas Wärme, und seine Temperatur sinkt. Zuletzt beträgt die Temperaturdifferenz gegen Ende Juli nur 2.5°.

In dieser Weise verursacht die grössere Wärmezufuhr des Zuflusses ein Fallen der Temperatur im Seebecken.

Bathometrische Untersuchungen einiger schottischen Seen im Trossach- und Callanda-Distrikt hat Sir John Murray ausgeführt.[1]) Es sind dies die 8 Lochs: Katrine, Arklet, Achray, Vennachar, Drunkie, Voil, Donie und Lubnaig, sämtlich zum Flussgebiete des Teith gehörig und deswegen besonders wichtig, weil sie das Wasser für die Grossstadt Glasgow liefern. Das Ergebnis der Lotungen hat Halbfass in folgender Tabelle zusammengefasst, in welcher er die englischen Masse in deutsche, bezw. internationale verwandelt und dabei abgerundet hat.

---

[1]) Geogr. Journ. 1900. 15. No. 4. p. 309.

Name des Sees	Zahl der Lotungen	Erhebung ü. d. Meer *m*	Länge *km*	Grösste Tiefe *m*	Mittlere Tiefe *m*	Verhältnis beider *%*	Volumen in Mill. *cbm*	Flächeninhalt *qkm*	Fläche des Einzugsgebietes *qkm*	Verhältnis beider
Loch Katrine . .	775	111	12.7	15.1	62.4	40.4	772.7	12.38	96 92	7 83
» Arklet . .	135	140	1.6	20.4	7.4	36.1	6.3	0.85	13.80	16.15
» Achray . .	171	85	2.0	29.6	11.0	37.1	9.1	0.83	18.29	22.06
» Vennachar .	423	83	6.4	33.8	12.9	38 2	53.9	4 17	74.20	17.80
» Drunkie . .	155	127	1 6	29.6	10.5	37.1	6.1	0.57	5.70	10.00
» Voil . . .	279	126	5.6	29.8	12.4	41.8	28.3	2.28	99.63	35.29
» Doine . . .	90	126	1.6	20.2	10.0	51.0	5.5	0.54		
» Lubnaig . .	394	123	6.4	44.5	13.0	29.3	32.4	2 49	90.59	36.43

Untersuchungen im Nyassa-See und in den Seen im nördlichen Nyassa-Lande hat Dr. F. Fülleborn angestellt.[1]) Der Verf. hat sich (1899) hauptsächlich mit geologischen Arbeiten beschäftigt, die physikalisch-geographischen Beobachtungen sind daher nur in zweiter Linie ausgeführt worden, und zwar vom Nyassa-See hauptsächlich das bei Langenburg gelegene Nordende des Sees. Dort wird der See von den schroffen Abstürzen des Livingstone-Gebirges begrenzt, während er weiter westlich an das flache Alluvialland der Konde-Niederung grenzt. Dem entsprechend sind die Ufer bei Langenburg felsig und abschüssig, während weiter westlich die grossen und schnell fliessenden, viele Sedimente führenden Flüsse des Konde-Landes den See auszufüllen bestrebt sind, und sich dort das sandige Ufer des Sees nur ganz allmählich senkt. Dieses Alluvialland vergrössert sich streckenweise ungemein schnell. Was die Tiefe des Sees anbelangt, so ist derselbe nach der Untersuchung von Moore bis gegen 900 *m* tief. Da dem Verf. nicht so grossartige Mittel wie Moore zur Verfügung standen, sondern er sich meist mit selbst hergestellten primitiven Lotapparaten behelfen musste, hat er nur bis 330 *m* loten können, eine Tiefe, welche er nördlich von der Insel Likoma bei 11° 39.5′ südl. Br., und 34° 40′ östl. L. fand. Was den Boden des Sees anbelangt, so besteht derselbe in grössern Tiefen bei Langenburg und Wied-Hafen aus einem dunklen, modrig riechenden Schlick mit Resten organischer Substanzen. Bei der oben erwähnten Lotung von 330 *m* haftete ein grau-grünlicher, zäher Schlick am Talge des Lotes. Die Uferzone besteht bei Langenburg zum Teil aus Sand, zum Teil aus Geröll, der hier aber bald in den oben erwähnten Schlick übergeht. Am Ufer des Konde-Landes reicht die Sandzone mit grossen, von den dortigen Vulkanen stammenden Bimssteinbrocken untermischt, viele hundert Meter in den flachen See hinaus.

---

[1]) Verhandlungen der Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1900. p. 332.

Die Farbe des Wassers ist dort, wo nicht einmündende Flüsse dasselbe verunreinigen, ein prachtvolles tiefes Blau; im Herbste, wo sich das Wasser streckenweise mit einer dicken Schicht einer gelblichen Alge (der neuen Gattung Bothrimonas) bedeckt, erscheint er grünlicher.

Die Durchsichtigkeit des Wassers ist auf dem offenen See eine sehr bedeutende. So konnte Verf. am 31. Januar 1899 nördlich von Likoma eine 40 *cm* grosse, weisse Schüssel noch bis zur Tiefe von 16 *m* erkennen; am Nordende bei Langenburg, wo das Wasser durch die zahlreichen einmündenden trüben Flüsse relativ unklarer ist, war ihm dies nur bis auf 8.4—11,6 *m* möglich.

Was die Temperatur des Nyassa anbelangt, so konnte Verf. nur im Monat Dezember 1899 Untersuchungen darüber anstellen, da er vorher nicht die notwendigen Instrumente dazu besass und kurz darauf Langenburg verliess.

Der Rukwa-See, von den Eingebornen Rukuga genannt, ist nach dem Nyassa das grösste und interessanteste der vom Verf. untersuchten Seebecken. Er kennt aus persönlicher Erfahrung nur sein südöstliches Ende, von der Mündung des Chambue-Flusses bis drei Stunden nördlich von Kipindi. Bei Kipindi treten Berge unmittelbar an den See heran, so dass stellenweise kaum Platz für einen schmalen Negerpfad bleibt. Von Kipindi bis zur Chambue-Mündung ist er von einer flachen Salzsteppe umgeben; das Überschwemmungsgebiet des Sees zur Regenzeit dürfte auch an diesen flachen Ufern nur ein oder einige Kilometer betragen. Der Strand des südöstlichen Seeabschnittes ist sandig, nur stellenweise sumpfig; dort wo der See an die Berge anstösst, zum Teil mit Geröll bedeckt. Im übrigen ist der Seeboden mit einem grauweissen, thonigen, so zu sagen gallertigen Schlamme bedeckt, welcher in dem seichten, häufig windbewegten Wasser nicht Zeit zum Sedimentieren findet und demselben daher eine graue Färbung verleiht. Diese Färbung ist so intensiv, dass selbst eine 1 *cm* dicke Wasserschicht völlig milchig undurchsichtig erscheint. Das Wasser ist mit Ausnahme derjenigen Stellen, wo grössere Flüsse in den See einmünden, intensiv brakig, und die Eingeborenen bezogen ihr Trinkwasser aus Löchern, die sie in den ausgetrockneten Flussläufen gegraben hatten.

Was die Tiefe des Sees anbelangt, so lotete Verf. etwa 2 *km* vom Lande entfernt im Maximum nur $3^1/_4$ *m*, und zwar bei Kipindi, also auf der an die Berge stossenden Seite des Sees; er vermutet, dass der See überhaupt nirgends bedeutend tiefer ist. Der See ist äusserst fischreich und enthält eine unglaubliche Menge niederer Krebse; ausserdem beleben ihn Wasservögel, Nilpferde und Krokodile in grosser Menge.

In dem vulkanischen Konde-Lande befinden sich eine grössere Anzahl von Maren, die Verf. zum Teil näher untersuchte. Der von seinen Entdeckern Glaubing und dem leider zu früh verstorbenen Götze, Wentzel-See genannte See im Krater des Ngozi-Vulkanes ist

etwa 1—2 *km* gross, von rundlicher Gestalt und wird rings von schroffen, mehrere hundert Meter hohen Felswänden eingeschlossen. Auch unter dem Wasserniveau fallen die Ufer des Sees sehr steil ab; die Tiefe des Sees beträgt an verschiedenen geloteten Stellen etwa 70 *m*. Der Seespiegel, der jetzt etwa 2000 *m* über dem Meere liegt, muss früher erheblich höher gestanden haben, wie aus im See gelegenen, etwa 13 *m* hohen Klippen hervorgeht, deren Gestein horizontal geschichtet ist, sich daher auf dem frühern Seeboden abgelagert haben muss. Das Wasser des Sees ist grünlich, ziemlich trübe und von deutlich brakigem Geschmacke. Einen sichtbaren Abfluss oder bemerkenswerten Zufluss hat der See nicht. Der Seeboden besteht aus einem grünlichen Schlamme. Fische hat Verf. im See nicht nachweisen können, doch leben daselbst zahlreiche seltene Wasserhühner.

Der sagenumwobene, vom herrlichsten Urwalde umgebene See ist landschaftlich der schönste Punkt der ganzen Gegend, der auch hinter keinem unserer berühmten Alpenseen an landschaftlichen Reizen zurücksteht.

Der Chungruru-See, nahe Manow im Konde-Lande ist ein runder, von etwa 50 *m* hohen Wänden umgebener Kratersee von ungefähr 500 *m* Durchmesser. Die Uferzone besteht aus kleinen Steinchen und vulkanischer Asche. Die grösste im See gelotete Tiefe beträgt 45 *m*. Ausser einer aus der steilen Kraterwand sprudelnden Quelle hat der See keinen Zufluss; ein oberirdischer Abfluss fehlt. Der See beherbergt zahlreiche Fische, die fälschlicherweise bei den Eingeborenen in dem Rufe stehen, giftig zu sein.

Der Itende-See, ebenfalls bei Manow, ist ein länglicher, auf dem Gipfel eines Berges gelegener See, der sich von Norden nach Süden etwa 500 *m*, von Osten nach Westen etwa 1 *km* weit erstreckt; er ist von 20—80 *m* hohen Bergwänden eingeschlossen, bis auf seine WNW-Seite, wo ihn nur ein 3—5 *m* hoher Wall umgrenzt. Einen Zufluss oder Abfluss konnte Verf. nicht entdecken. Der See ist mit Wasserpflanzen bedeckt und hat eine geringe Tiefe (7—8 *m* in der Mitte).

Die Entstehungsweise des Nyassa-Sees. Schon Josef Thomson hat (1882) die Vermutung ausgesprochen, dass dieser See einem, in geologisch junger Zeit erfolgten grubenartigen Einbruche der Erdrinde sein Dasein verdanke. Dieser Ansicht stimmt W. Bornhardt vollständig bei.[1]) »Für diese Art der Entstehung,« sagt er, »sprechen zunächst die orographischen Verhältnisse, indem der See mit einer Spiegelhöhe von 500 *m* in langgestreckter Form in ein Hochland eingesenkt ist, das sich beiderseits zu Meereshöhen von 1000—2000 *m* und darüber erhebt. Dafür sprechen ferner die Tiefenverhältnisse des Sees. Nach den Ergebnissen der in neuester Zeit von

[1]) Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1899. 24. No. 10. p. 441

englischer Seite ausgeführten Tiefenmessungen weist der See in seiner nördlichen Hälfte in weiter Ausdehnung eine Tiefe von über 300 Faden oder 550 *m* auf und besitzt eine grösste durch Lotung ermittelte Tiefe von nahezu 800 *m*. Wir können uns diese Tiefen, die zum Teil noch um Hunderte von Metern unter den Spiegel des Indischen Ozeans hinabreichen, nach aller unserer Kenntnis von dem Wirken der Naturkräfte nicht anders entstanden denken, als durch einen Einbruch der Erdrinde. Auf meinen Reisen habe ich die Spuren eines solchen Einbruches auch vielfach direkt beobachten können. Die Randverwerfungen, längs deren das Einsinken des »Nyassa-Grabens« erfolgt ist, prägen sich an vielen Stellen in der Schichtenlagerung deutlich aus. Auch das häufige und zum Teil recht mächtige Vorkommen von Reibungsbreccien an den Grabenrändern ist hier von Bedeutung, indem es darauf hinweist, dass an den Randabfällen zum See bedeutende Gebirgsbewegungen stattgefunden haben. Bemerkenswert ist schliesslich ein auffälliger Gegensatz, der sich in der Art der Erosionswirkung in der Umgebung des Nyassa zu erkennen giebt. Während das Hochland in gewisser Entfernung vom See flachwellige Formen, sanft eingesenkte, gefällschwache Thäler mit rundlichen Bergkuppen dazwischen, aufweist, Formen, wie sie den Ruhezustand am Ende einer lange währenden, durch fremde Einflüsse nicht gestörten Erosionsperiode zu bezeichnen pflegen, stellen sich mit der Annäherung an den Abbruch zum See, innerhalb eines Gebietsstreifens, dessen Breite selten über 10—15 *km* hinausgeht, schluchtartig eingeschnittene Thäler mit stark geneigten Bachsohlen und gratartig zugeschärfte Bergrücken mit wild zerschlitzten Hängen ein. Diese Formen zeigen an, dass die Erosion hier noch in einem jugendlichen Stadium steht. Die Beschränkung der Formen auf einen Streifen von der angegebenen geringen Breite beweist zugleich, dass die Verstärkung der Vorflut, aus welcher die Erosion ihren neuen kräftigen Impuls erhalten hat, erst vor verhältnismässig kurzer Zeit eingetreten sein kann. Auch diese Erscheinung findet eine ungezwungene und vollkommen befriedigende Erklärung nur in der Annahme, dass der Nyassa-Graben in geologisch junger Zeit durch tektonischen Einbruch entstanden ist.

Der Einbruch ist über das Nordende des Sees hinaus noch auf eine weite Strecke nach Nordwesten zu verfolgen. Nur ist hier die Einbruchstiefe geringer gewesen als im Bereiche des Sees, und man sieht hier daher die eingebrochenen Gebirgsmassen noch auf mehr oder weniger grosse Höhe über den Spiegel des Sees aufragen. In 70 *km* Entfernung vom Nordende des Sees erleidet das Einbruchsgebiet eine Gabelung in zwei nach verschiedenen Richtungen sich erstreckende Bruchfelder. Das eine Bruchfeld, das nach Nordwesten zum Rikwa-See hinüberzieht, hat langgestreckte, grabenförmige Gestalt und darf seiner Richtung nach wohl als die eigentliche Fortsetzung des Nyassa-Grabens angesehen werden. Das zweite Bruchfeld, das den Oberlauf des Ruaha in sich enthält, erstreckt sich mehr

in die Breite und erscheint als ein grosser Quereinbruch zu dem Nyassa-Rikwa-Graben. Die westliche Begrenzung dieses zweiten Bruchfeldes wird durch einen schroffen Gebirgsrand gebildet, der, soweit Verf. ihn hat übersehen können, in gerader Linie nach Nordosten zieht. Eine scharfe Grenze des Bruchfeldes nach Osten hin hat Verf. nicht wahrnehmen können. Dagegen erhebt sich im Süden wieder ein deutlicher Bruchrand, der bis zum Mbarali-Flusse östliche Richtung einhält und dann, dem Laufe dieses Flusses folgend, nach Südosten umschwenkt. Im Quellgebiete des Mbarali erreicht er als orographisch ausgeprägter Rand sein Ende. Ob er in versteckter Form, in dem geologischen Aufbaue, noch weiterhin nachweisbar ist, wie Verf. nach den auf der Reise angestellten Beobachtungen fast annehmen möchte, bedarf noch einer weitern Untersuchung.

Mit dem Einbruche des Nyassa-Grabens ist im Norden des Sees, gerade an der eben erwähnten Gabelungsstelle, ein Emporquellen von vulkanischen Massen verbunden gewesen. Die Erhebungen, die sich dabei inmitten des Einbruchsgebietes aufgetürmt haben, stören zwar in orographischer Beziehung einigermassen den Zusammenhang zwischen dem Nyassa-Graben und den im Norden gelegenen Bruchfeldern. In geologischer Beziehung tritt dieser Zusammenhang dafür um so klarer hervor«

Der Urmia-See ist 1898 von R. T. Günther untersucht worden.[1]) Der Name des Sees lautet richtiger Urmi. Von dem 19370 sq miles (50000 *qkm*) grossen Depressionsgebiete auf dem Hochplateau nimmt der Urmi-See ein Areal von 1795 sq miles (4650 *qkm*) ein; er liegt 4100 Fuss (1250 *m*) über dem Meeresspiegel, 1114 Fuss (340 *m*) tiefer als der Wan-See. Über die auffälligen Schwankungen des Wasserspiegels konnte Günther bei dem Mangel an zuverlässigen fortlaufenden meteorologischen Beobachtungen keine genügende Erklärung erlangen. Wenn auch vermehrte Niederschläge bei der letzten starken Erhöhung eine Hauptrolle gespielt haben, so sieht er es als nicht unmöglich an, dass auch eine allmähliche Senkung der Erdkruste dabei beteiligt ist, zumal die Steigung des Wassers sich namentlich durch starke Überflutung des westlichen Ufers bemerklich machte.

Der Grosse Salzsee. Eine Untersuchung des Grossen Salzsees wurde durch H. F. Moore im Auftrage der Fischereikommission der Vereinigten Staaten vorgenommen, um zu ermitteln, ob der See mit nutzbaren Meerestieren besetzt werden könne. Moore stellte fest, dass zwar in den weniger salzigen Teilen des Sees Krebstiere, Insektenlarven und niedere Pflanzen reichlich vorkommen, dass aber in dessen Hauptteile der Salzgehalt für die gewöhnlichen Bewohner des Meeres viel zu gross ist. Das spezifische Gewicht des Wassers

---

[1]) Geogr. Journal 1899, Nov.; Petermann's Mitteilungen 1899. p. 297.

beträgt 1.168, während das des Ozeanwassers nur 1.025 ist. Der Grosse Salzsee ist ein Überrest des vorgeschichtlichen Bonnevillesees, der süss oder beinahe süss war, bis sein Becken den Abfluss verlor, worauf durch Verdunstung der Salzgehalt zunahm. Brakwasserquellen sind zahlreich in der Nachbarschaft, und diese tragen zusammen mit den einmündenden Flüssen noch zur Anhäufung der Salze bei, die nur durch ihr Übermass, nicht durch ihre Beschaffenheit (die vom Meersalze nicht verschieden ist) das Wasser für Seetiere ungeeignet machen. Die allmähliche Entfernung des Salzes für Handelszwecke wird auf unabsehbare Zeit keine Änderung herbeiführen. Jährlich werden 42000 Tonnen Salz aus dem See gewonnen, während der Berechnung nach 16000 Tonnen jedes Jahr in den See eintreten. Dem spezifischen Gewichte von 1.168 zufolge muss der See jetzt etwa 400 Millionen Tonnen Salz enthalten. Aus diesen Zahlen lässt sich schliessen, dass (die gleichmässige Fortdauer der jetzigen Veränderungen vorausgesetzt) das Seewasser erst in 14000 Jahren das spezifische Gewicht des Meerwassers erreicht haben würde. Auch von einer Anpassung der Meertiere an das jetzt hochgradig salzige Wasser ist nichts zu hoffen, namentlich erscheint Austernzucht ausgeschlossen.[1])

Die Farbe des Wassers der Natronseen in der libyschen Wüste ist eine intensiv rote, über deren Ursache die Ansichten auseinandergehen. J. Dewitz hat neuerdings das Wasser dieser Seen untersucht[2]) und kommt zu dem Ergebnisse, dass dessen Färbung nicht wie angenommen wurde, durch Krustaceen verursacht werde, weil dazu die Wassermenge der 14 Seen viel zu bedeutend ist. Dagegen ist es Dewitz gelungen, eine rote organische Substanz aus dem Seewasser zu isolieren, welche nach seiner Meinung von Bakterien herrührt, die überaus zahlreich in jedem Tropfen dieses Wassers vorhanden sind.

Deutschlands Moore und ihre Verwertung behandelte Dr. Immendorff in der Geographischen Gesellschaft in Bremen.[3]) Man unterscheidet Niederungs- und Hochmoore. Der Grund der Verschiedenheit liegt in der Beschaffenheit des Wassers. Die Niederungsmoore (Grünlandsmoore) finden sich in den Thälern träge fliessender Flüsse und sind an das nährstoffreiche Wasser (Kalk, Stickstoff) gebunden. Ihre Hauptpflanzen sind Carexarten. Ganz andere Bildungen treffen wir bei Hochmooren. Es sind dies versumpfte Flächen, deren Wasser — meist atmosphärischen Ursprunges — fast frei ist von Nährstoffen. Hier gedeihen hervorragend anspruchslose Pflanzen, wie Torfmoose, Wollgräser, Sphagnumarten und heidekrautartige Gewächse. Ein solches Hochmoor kann einem grossen Schwamme verglichen werden und ist schwer passierbar. Da der

---

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau für Geographie 1900. p. 333.
[2]) Zoolog. Anzeiger 32. p. 53
[3]) Deutsche geogr. Blätter 1900. 33. p. 71.

Boden desselben arm an Nährstoffen ist, so müssen alle Pflanzen, die dort gedeihen sollen, künstlich damit versehen werden. Zwischen beiden Arten von Mooren stehen die sogenannten »Übergangsmoore«, die sich in botanischer und chemischer Beziehung bald der einen oder der andern Art nähern. Die Niederungsmoore sind von geringer Ausdehnung. Solche von mehrern Quadratkilometern, wie das Friedländer Moor in Mecklenburg und Pommern, sind selten. Die Hochmoore erreichen dagegen eine grosse Ausdehnung, besonders im Nordwesten und Osten des preussischen Staates. Die Grösse der Moorflächen in Deutschland beträgt mindestens 500 Quadratmeilen, wovon 400 allein auf Preussen fallen, 17.2 auf Oldenburg und 12 auf Bayern. Auch Mecklenburg, das Königreich Sachsen und Württemberg sind reich an Mooren. Unter den preussischen Provinzen steht als moorreichste die Provinz Hannover mit 102 Quadratmeilen an erster Stelle (ca. $^1/_4$ des Bodens), am wenigsten Moore besitzt Hessen-Nassau (0.2 Quadratmeilen).

Die einzig lohnenswerte Ausnutzung der Moore ist die landwirtschaftliche Verwertung, nicht die industrielle. Allbekannt ist die Verwendung als Brenntorf in seinen verschiedenen Formen, wie Stichtorf, Backtorf, Maschinentorf. Er bildet eine wichtige Erwerbsquelle des Torfbauers, besonders in Fehnkolonien. Die Grundbedingung ist ein leicht erreichbarer Markt in der Nähe einer grossen Stadt. Doch sollte der Torfhandel immer nur ein Nebengewerbe sein. Bei der grossen Konkurrenz der Braunkohle und Steinkohle ist die industrielle Verwertung des Torfes aussichtslos. Alle Unternehmungen dieser Art sind eingegangen. Das als Rohprodukt gewonnene Torföl liefert einen guten, brennbaren Stoff. Durch Trockendestillation gewinnt man noch eine ganze Anzahl von Produkten, z. B. Paraffin, Essigsäure u. a. — In den Mooren ist ein ungeheurer Reichtum von Brennmaterialien enthalten. Man hat berechnet, dass ein Moor von 5300 Hektar und 3 *m* Tiefe 13 Millionen Tons Torf ergiebt. Neben der Torfgewinnung kommen besonders die faserigen Bildungen in Betracht als Torfmull und Torfstreu. Sie haben als Einstreumaterial grosse hygienische Bedeutung zum Aufsaugen flüssiger Fäkalien. Da der Moostorf eines der besten Wärmeschutzmittel ist, so eignet er sich zu mancherlei Zwecken, so zum Isolieren von Eiskellern, zu Platten für Insektenkästen oder für Zwischenwände. Der grobgerissene Moostorf heisst Torfstreu, der feinere wird als Torfmull bezeichnet. — Verschiedene Wollgräser liefern auch eine Gespinstfaser, deren Verarbeitung zu Zeugen sich aber nicht bewährt hat. Zu hygienischen Zwecken eignet sich der Moostorf dagegen recht gut. Ein lebendes, eingetrocknetes Torfmoor kann das 20 bis 30fache des eigenen Gewichtes an Wasser aufnehmen.

Das noch vielfach übliche Moorbrennen, welches den so lästigen Höhenrauch verursacht, ist ein Raubbau schlimmster Sorte. In Deutschland ist es seit Anfang des 17. Jahrhunderts üblich. Durch das Brennen wird die oberste Humusschicht in Asche verwandelt

und auf diese Weise ein guter Nährboden für Buchweizen gewonnen. Nach 6—7 Jahren kann das Moor aber nicht weiter gebrannt werden. In den Kolonien, welche die neue Art der Hochmoorkultur treiben, nimmt das Moorbrennen immer mehr ab. Ein zweites Verfahren, nach holländischer Art, ist die Fehnkultur oder Sandmischkultur. Nachdem die obern Torfschichten zur Torfgewinnung entfernt sind, wird der Untergrund durch Düngen anbaufähig gemacht; das Entwässern der Fehne geschieht durch Gräben und Kanäle. In Holland besteht in den äusserst blühenden Fehnkolonien ein ausgedehntes Kanalnetz von 4000 *km* Länge. An die landwirtschaftliche Ausnutzung der Moore lehnen sich allerlei Betriebe, Brennereien, Schiffswerfte u. dergl. m. Die grossen Erfolge der holländischen Fehne sind in Ostfriesland (mit Ausnahme von Papenburg) nicht erzielt worden, da man völlig planlos vorging. Auch Friedrich der Grosse, der Tausende von Bewohnern auf Grund der Brandkultur ansiedelte, hat keinen Erfolg gehabt. Nur wenige blühende Kolonien, so Wörpedorf im Teufelsmoor, sind im Hannoverschen vorhanden als Reste früherer Ansiedelungen. Das in Deutschland besonders zur Verwendung kommende Verfahren ist die reine Hochmoorkultur, besonders im Nordwesten. 1876 wurde die Zentralmoorkommission gegründet, welcher die Moorversuchsstation in Bremen unterstellt ist. Diese hat die wissenschaftlichen Grundlagen zur wirtschaftlichen Kultur der Hochmoore geschaffen. Sie hat den Nachweis geführt, dass Chilesalpeter und Phosphate mit Kalk, Mergel und Seeschlick geeignet sind, dem Hochmoorboden die nötigen Düngestoffe zuzuführen. Der Hochmoorbewohner kann jetzt sogar einen Fruchtwechsel vornehmen (Lupine, Seradella, Klee gedeihen vorzüglich) und seinen Viehstand vermehren. Derartige Moorkulturen können nur von grossen Verwaltungsverbänden, vor allem vom Staate unternommen werden. So hat Preussen im Burtanger Moor, in Ostfriesland, im Kehdinger Moor und in Ostpreussen grosse Strecken unter Kultur. Auf keinem Boden ist die Arbeit der Hand höher bewertet als auf dem Hochmoorboden. Die Kultur der Niederungsmoore bietet nicht die grossen Schwierigkeiten wie die Hochmoore. Bei ihnen kommt die Rimpau'sche Moordammkultur zur Anwendung. Das Moor wird entwässert, eingeebnet und mit einer Sanddecke versehen, die ein sehr gutes Wurzelbett abgiebt. Meist begnügen sich die Leute, die Niederungsmoore in Wiesenflächen umzuwandeln. Dann ist keine Sanddecke nötig, man düngt nur mit Phosphorsäure und Kali.

12. Gletscher und Glazialphysik.

Die alten Gletscher der Mur und Mürz bildeten den Gegenstand einer Arbeit von Dr. A. Böhm v. Böhmersheim.[1]) Die Ergebnisse dieser Studien fasst Verf. im folgenden zusammen:

[1]) Abhandlungen der k. k. geogr. Gesellschaft in Wien 1900. 2. No. 3. p. 95 ff.

1. Das Murthal ist während der letzten Eiszeit bis in die Nähe von Judenburg von einem Gletscher erfüllt gewesen, der oberhalb der genannten Stadt eine Endmoräne in einer Seehöhe von 750 *m* zurückgelassen hat.

2. Die Oberfläche des alten Murgletschers hat im Lungau eine Seehöhe von 1900 *m* erreicht, bei Frojach eine solche von 1500 *m*. Seine Mächtigkeit hat demnach im Lungau etwa 800 *m*, bei Frojach 750 *m* betragen.

3. Der Murgletscher ist über den Radstädter Tauern (1738 *m*) und den Katschberg (1641 *m*) hinweg mit dem Enns- und Draugletscher in Verbindung gestanden und hat einen mächtigen Zweig ($^7/_{10}$ seines Querschnittes) über die Sättel von Neumarkt und Perchau ins Draugebiet gesendet, der während der letzten Eiszeit bei Hirt in 620 *m* Seehöhe geendet hat. Die Oberfläche des Eises hat über dem Neumarkter Sattel eine Seehöhe von etwas über 1400 *m* erreicht.

4. Das Judenburg-Knittelfelder Becken ist von Glazialschottern erfüllt, die den Thalboden bilden, in den sich der Fluss 50—30 *m* tief eingeschnitten hat. Oberhalb Judenburg, im Gletschergebiete, fehlen im Murthale grössere Vorkommnisse von Glazialschottern, dagegen treten hier Schotterkegelterrassen auf, die dadurch ausgebildet worden sind, dass die Mur die aus den Seitenthälern in das Hauptthal vorgebauten Schotterkegel angeschnitten hat.

5. Die tiefste Höhenlage der Kare bezeichnet ausserhalb des dem Maximum der Eiszeit entsprechenden Gletschernährgebietes die tiefste Lage der eiszeitlichen Firnlinie, innerhalb jenes Gebietes aber jene temporäre Lage der Firnlinie, bei der das vertikale Anwachsen, beziehungsweise Schwinden der Vereisung, bis zu eben derselben Höhe gediehen war.

6. Ein zweifellos interglaziales Profil hat sich im Murthale nicht gezeigt, doch dürfte das Kalkkonglomerat von Oberwölz wahrscheinlich interglazial sein, da es gekritzte Geschiebe enthält und von Moränen überlagert wird. Moränen im Liegenden konnten jedoch nicht aufgefunden werden.

7. Das Murthal unterhalb Judenburg, das Liesingthal und das Mürzthal waren eisfrei. Auf dem Gebirge ist es zwar auch zu der Bildung von Gletschern gekommen, aber diese sind lokal geblieben und haben die Hauptthäler nicht mehr erreicht. Gering wie ihre Ausdehnung sind auch die Spuren, die sie hinterlassen haben, und diese sind nur in wenig Fällen bis heute erhalten geblieben. In dem Zuge der Seethaler Alpen ist es gelungen, ein Gletscherende in 1150 *m* zu konstatieren, am Zeyritzkampel mehrere in 1500—1550 *m*. Grösser sind die Gletscher des Hochschwabgebietes gewesen. Der Tragössgletscher hat zwischen Püchel und Unterott in 750 *m* Höhe geendet, wo er zwei Moränenwälle hintereinander zurückgelassen hat; seine Mächtigkeit hat $2^1/_2$ *km* vor seinem Ende 200 *m* betragen. Die Gletscher des Vordernberger Thales, des Rötzgrabens, des Fölz-

grabens und des Feistringgrabens haben in 750, 890, 850 und 1020 *m* geendet. Der Seethalgletscher hat in 800 *m* Höhe beim Seebauer geendet und hat bei Seewiesen eine Mächtigkeit von 300 *m* besessen. Am Stuhleck ist es gelungen, Gletscherenden in 1000 und 1150 *m* Höhe zu konstatieren, auf der Schneealpe in ca. 1200 *m*.

8. Die glaziale Firnlinie ist im Obern Murthale in einer Höhe von 1500—1600 *m* verlaufen, in den Seethaler Alpen und in dem Zuge der Gleinalpe in 1600—1700 *m*, am Zeyritzkampel in 1500 bis 1600 *m*. In der Hochschwabgruppe (Südseite) hat sie sich in 1300—1400 *m*, am Stuhleck in 1300—1350 *m*, auf der Schneealpe in 1300 *m*, dagegen am Wechsel in 1500 *m* Höhe befunden. Die glaziale Firnlinie zeigt also im allgemeinen ein ähnliches Verhalten wie die rezente: sie erhebt sich von den Rändern des Gebirges nach dem Innern. Die hohe Lage der eiszeitlichen Firnlinie auf der Koralpe in 1750—1800 *m* dürfte mit der südlichen Lage zusammenhängen.

9. Spuren aus der letzten Rückzugsperiode der Vereisung sind fast in allen Hochthälern des Gebirges in Gestalt von Rundhöckern, Grundmoränen, End- und Ufermoränen erhalten. Die Hochseen sind teils Felsbecken, teils Moränenseen.

Die Frage der Vergletscherung des Zentralbalkans behandelt auf Grund eigener Untersuchungen an Ort und Stelle Prof. W. Götz.[1]) Er kommt zu folgenden Ergebnissen:

1. Noch nach der Ablagerung diluvialer Geschiebe in den Schluchtthälern des Balkans fand eine rasch eintretende Beschleunigung der Erosion seiner Gebirgsbäche statt. Sie wurde durch eine Erniedrigung ihres Mündungsniveaus hervorgerufen. Eine solche könnte durch eine nochmalige nachträgliche Senkung zwischen dem Fusse des Balkans und dem Mittelgebirge (Sredna Gora, Karadschah Dagh) bewirkt worden sein. Doch fehlen hierfür bestimmtere Anzeichen. Zum andern konnte die Gjopsa-Ebene wie diejenige der Maritza von einem tiefen See überdeckt gewesen sein, in welchem die Mündung jener Bäche höher lag. (Die Frage nach vorhandenen Uferlinien zu lösen, brächte freilich eine mühereiche Besichtigung mit sich.) Es hätte dann das Ablaufen und Schwinden dieses ausgedehnten stehenden Gewässers den Anstoss zu dem Erosionsvorgange gebracht, welcher die heutigen Schlucht- und Klammstrecken einschnitt. Eine solche Entwässerung kann durch die Beseitigung irgend einer umdämmernden Strecke, durch Eröffnung eines erweiterten Ausganges veranlasst sein, aber ebenso auch durch das Sinken des Meeresniveaus. (Bei dieser letztern Annahme könnte man übrigens auch die Hypothese der See-Überdeckung verlassen.) Zu der Thatsache einer solchen Erniedrigung des Meeresspiegels wird man schon durch

---

[1]) Zeitschrift der Ges. für Erdkunde zu Berlin 1900. 35. p. 127.

anderweitige Beobachtungen von Thalformen geführt, besonders auch durch solche bezüglich der untern Donau und der Seen nördlich des Donaudeltas. Allein es ist ja ohne dies schon seit Abich's Untersuchungen im Küstengebiete des nordöstlichen Pontus immer umfassender für diesen wie für das Ägäische Meer einschliesslich Hellespont (auch für die Adria) das diluviale Absinken von Festboden konstatiert und die Vergrösserung des Meeresspiegelumfanges, sowie die Vertiefung des Meeres als Folge erkannt worden. Hierbei ist es nahezu undenkbar, dass jenes Absinken durch etwas anderes unmittelbar veranlasst worden sei, als durch eine vertikale Bewegung nicht nur des damaligen Meeresgrundes, sondern auch des Untergrundes der abgesunkenen Landteile. Wann innerhalb der diluvialen Zeiten dieser Vorgang der Hauptsache nach sich zutrug, mag zweifelhaft bleiben. Dass aber jene in senkrechter Richtung nur etliche Meter betragende Minderung der Meeresspiegelhöhe, welche wir für unsere Erosionsfrage bedürfen, in dem postglazialen Abschnitte der Diluvialzeit oder auch nach dessen Ende eintrat, möchten wir behaupten. Denn für uns geht dieser letzten Senkung ein postglazialer Zeitraum überaus niederschlagreicher Jahrzehnte oder Jahrhunderte voraus, mag derselbe auch schon während des Endes der letzten Vereisung begonnen haben. Diese wasserreiche Zwischenperiode ist uns unentbehrlich zur Erklärung verschiedener morphologischer Thatsachen, besonders aber für die von Thalformen in Mittel- und Osteuropa. Wir bedürfen ihrer vor allem für die Entstehung jener Unzahl von kurzen und verhältnismässig tiefen Thälchen mit meist scharfen, an das Querprofil von Schiffahrtskanälen erinnerndem Querschnitte, welche ebenso im Jura als im Muschelkalk Frankens, in der Kreidetafel Donau-Bulgariens und auf der Krim u. s. w. verbreitet sind. Trockenthälchen, welche das Gebiet seitlich der noch bewässerten Thäler oder schluchtartigen Bachwege profilieren. Nur eine anhaltend reichliche Menge abfliessenden Wassers, welches energisch weiter drängte, konnte diese ungezählten Rinnen mit solchem Profil als Wege zu einer sammelnden Hauptrinne oder einem stärkern Einschnitte herstellen. (In die letzte Interglazialzeit deren Entstehung zu versetzen, selbst wenn diese auch von einem dem Steppenklima geradezu entgegengesetzten Witterungscharakter in ihrem frühern Abschnitte beherrscht worden wäre, verwehrt uns der Mangel jedes zweifellosen Überbleibsels jener Zeit in diesen Thälchen, sowie die so genau erhaltene Ausprägung der letztern.) Durch das Sinken des Meeresspiegels aber kam es bei den stärkern Wasserläufen zu einer wirksamern Erosion; im übrigen jedoch trat ein Sinken des Grundwasserspiegels ein und damit die Umwandlung ungezählter Bachthäler in Trockenthäler. Im Hochgebirge des Balkans begann in den bereits grossenteils hergestellten Thälchen und bewässerten Vertiefungen eine abtragende Erodierung in vorhandenen diluvialzeitlichen Ablagerungen, von welchen als Reste noch die oben erwähnten Terrassenteile an der Suschiza zeugen (desgl. am Isker).

2. Das Auftreten von Kennzeichen einstiger Gletscherthätigkeit im Zentralbalkan ist nur ein scheinbares, d. h. wir finden nur pseudoglaziale Spuren vor. Denn a) die Schuttlagen, welche an sekundärer Lagerstätte Steine mit Stumpfkanten neben oval abgerundeten enthalten, auch von diluvialzeitlichem Transporte herrühren können, haben keine beweisende Kraft für Moränenbewegung, sondern könnten nur neben den typischen Kennzeichen der letztern zu einem Symptome werden. — b) Die gerieften und polierten Granittrümmer, welche nahe dem untern Ende der Mittelstrecke der Sarikaia gefunden wurden, verdanken ihr an Schrammung erinnerndes Aussehen nur Verwitterungsfaktoren. Denn die betreffenden Detailformen ähneln mehr einer ziemlich verwischten feinern Kannelierung, und diese Einkerbungslinien verlaufen durchweg ganz parallel, so dass ihr Erscheinen bei der Härte und Sprödigkeit dieses Gesteines als eine Ritzung durch die Gletscherbewegung aufzufassen kaum möglich wird. Die Glätte eines Teiles der Oberfläche kann in loco sehr wohl von Überspülung mit dem feinern Sande des Hanges herrühren. — c) Die Wasseransammlung unter der Ostra Mogila und die benachbarte leere Bassinbildung bieten in ihrer Umfassung und durch die mit Stufen von da aus emportretende Gipfelgestalt keinen genügenden Anhaltspunkt dazu, hier ein Auftreten von Kar-Seen als wahrscheinlich zu erachten. Als Ursache dieser Bassins werden Senkungen im kleinen anzunehmen sein. — d) Jene Abstumpfung der obern Kanten der Felskulissen, welche in der Zinnenzone südwestlich oder südsüdwestlich des Jumrukčal-Gipfels an einer der dortigen seichtern Thalfurchen sich auf beiden Seiten zeigen, lassen infolge ihrer starken Verwitterung nicht mehr erkennen, ob es sich hier um eine glaziale Rundhöckerbildung handle.

3. In derjenigen Höhenlage, in welcher die felsige und grossenteils zergliederte Steilstufe nächst der Gipfelzone oder wo beim Mangel von überhöhenden Gipfelformen die zum obersten Balkanrande emporgehenden Wandteile die Ansammlung von Firn schützend veranlassen konnten, erweist sich sowohl auf Grund genauerer Prüfung der Formen als infolge der Seehöhe von 1800—1900 *m* das Fehlen des Glazialphänomens ganz naturgemäss. In Bezug auf die Höhe kommen freilich als vergleichenswerte Erhebungen nicht Gebirge der Westhälfte der Halbinsel in Betracht, sondern bis jetzt nur der Rilo. Auf diesem aber sind es, wie schon die Begleitkarte zur Cvijić'schen Arbeit alsbald überschauen lässt, überall umschirmende Kammteile von über 2500 *m* Höhe, in deren Nischen bei 2200—2300 *m* die betreffenden Firnbildungen erfolgten. Aber auch diese waren zweifellos wenig mächtig; denn sie legten nur sehr kurze Bahnen zurück, wie die Stätten der Endmoränen es bezeugen. In einer Höhe von 2200 *m* nun hätten im Zentralbalkan nur an der Westseite des Jumrukčal in den dortigen seichten, aber scharf eingeschnittenen Mulden die Anfänge von Gletschern sich bilden können. Immerhin hinderte solches schon die genau südliche Ex-

position, abgesehen von Mangel an Raum für ein eigentliches Firnfeld. Bei solcher Exposition aber hat der Rilo nirgends ein Gletscheranzeichen hinterlassen. Nach Norden jedoch besitzt der Zentralbalkan noch ungünstigere Vorbedingungen für glaziale Erscheinungen infolge der in Betracht kommenden Höhenlage. Denn vom obersten Gewölberande reicht die Steilhangzone sehr beträchtlich abwärts, so dass vorhandene Firnmulden um so viel tiefer zu suchen wären. Die obersten Teile unseres Gebirgsabschnittes aber waren ohne Zweifel bis gegen Ende der Glazialzeit in der Region des felsigen Randabfalles ärmer an Einschnitten und furchenähnlichen Einrissen, als in der Gegenwart. Zahllose zerstörende Änderungen brachte gewiss die von uns postulierte postglaziale wasserreiche Zeit; nicht wenige sodann erwirkten auch die darauf folgenden Jahrtausende in diesem westlichen Aussenteile der pontischen Klimaprovinz, deren Kontinentalcharakterzügen eine ausgiebig verwitternde Kraft innewohnt.

Die Gletscherschwankungen in den nördlichen Erdregionen bildete den Gegenstand kritischer Untersuchungen von Charles Rabot.[1]) Diese Untersuchungen erstrecken sich auf das über die Gletscher von Skandinavien, Jan Mayen, Island, Grönland, Spitzbergen und Franz Josefs-Land vorliegende Material. Rabot kommt zu folgenden Ergebnissen:

a) Vor dem 18. Jahrhunderte sind die Gletscher viel weniger ausgedehnt gewesen als gegenwärtig, und dieses Minimum datierte seit Jahrhunderten. Dass sie während jener Periode jenseits ihrer jetzigen Grenzen gelegen haben, wird durch authentische Dokumente in Norwegen und in Island bezeugt. Für Jan Mayen und Spitzbergen ist diese Thatsache, wenn auch nicht absolut erwiesen, so doch sehr wahrscheinlich.

b) Während des 18. Jahrhunderts und bis zu den ersten Jahren des 19. erfolgte ein ungeheures Wachsen, das die Amplitude einer einfachen Schwankung weit überstieg. Die Gletscher drangen bis in Gebiete, die sie während der gegenwärtigen Periode niemals eingenommen haben. Dieses Wachsen war ein allgemeines und betraf die ganze nördliche Halbkugel. Die Erscheinung zeigte sich in Grönland, wie auf Spitzbergen und Jan Mayen, in Island wie in Norwegen und Alaska. Für Grönland ist die grosse Ausdehnung der Gletscher während dieser Epoche nicht durch sichere Dokumente, sondern durch die starke Zunahme der Eisberge zwischen 1770 und 1778 erwiesen, eine Erscheinung, die auch in Spitzbergen wahrgenommen worden; in Island, Norwegen und Alaska sind hingegen zahlreiche direkte Beobachtungen gemacht und verzeichnet worden.

c) Während des 19. Jahrhunderts ist die Periode unentschieden. In einigen Gegenden erfolgte eine beträchtliche Zunahme, der sich eine geringe Abnahme der Gletscherausdehnung anschloss, während

---

[1]) Archives des sciences phys. et nat. 1899. 7. 8. 1900. 9.

in andern Gebieten die Gletscher, nachdem sie am Beginne des Jahrhunderts im Zustande des Maximums verblieben waren, später einen geringen Verlust erlitten. Nirgends findet man einen so beträchtlichen Rückzug, wie er in den Alpen in den letzten fünfzig Jahren beobachtet worden. In Grönland scheinen die Gletscher jetzt im Zustande des stationären Maximums zu sein. In Island hat bei einigen Gletschern das Wachsen sich bis zu den letzten Jahren, zuweilen in beträchtlichem Umfange, fortgesetzt. In Spitzbergen ist das Verhalten der Gletscher ein sehr unentschiedenes. Zahlreiche Fälle von Zurückgehen werden berichtet, aber auch zahlreiches Vorrücken wurde jüngst beobachtet; und in den letzten Jahren scheint das Anwachsen zu überwiegen. In Norwegen waren die Gletscher am Beginne des Jahrhunderts in ihrem Maximum, aber sie zeigen ein allmähliches, sehr langsames, durch kurze Zunahmen unterbrochenes Zurückweichen, die kleinen Zunahmen stehen aber noch weit hinter dem Wachsen im vorangegangenen Jahrhunderte zurück.

Eine genauere Vergleichung der Daten der Gletscherschwankungen im Norden mit den in den Alpen ist mangels hinreichenden, zuverlässigen Beobachtungsmateriales nicht ausführbar. Nur ganz allgemein lässt sich ein Parallelismus erkennen, jedoch mit der Einschränkung, dass das Anwachsen im 18. Jahrhunderte in Island, Spitzbergen und in Norwegen ausgesprochener war als in der Schweiz, während die Abnahme in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in den Alpen sehr beträchtlich, in den arktischen und Polargegenden nur unbedeutend gewesen ist.

Über die Art der Gletscherschwankungen hatten die Beobachtungen in den Alpen ergeben, dass dieselben bestimmte längere Perioden einhalten, indem sie während 10—20 Jahren sich verlängern und in den folgenden 10—20 Jahren sich verkürzen, dass diese Schwankungen ziemlich gleichzeitig im ganzen Lande beginnen und aufhören und sich nicht auf die Längen und Breiten der Gletscher beschränken, sondern auch auf das Volumen derselben.

Die Gleichzeitigkeit der Schwankungen ist jetzt auch in den arktischen Gegenden festgestellt, allein die langen Perioden werden dort nicht angetroffen. Wohl dauern die bedeutendern Schwankungen sehr lange Zeit, aber während dieser Periode kann der Sinn der Schwankungen durch sekundäre Erscheinungen umgekehrt werden. In den Alpen rücken die Gletscher ohne Unterbrechung 10 bis 20 Jahre lang vor oder weichen zurück; in den arktischen Gebieten hingegen treten im Verlaufe einer eine lange Reihe von Jahren anhaltender Bewegung sehr kurze Oszillationen oder Pulsationen auf, welche den Sinn derselben für einige Zeit unterbrechen. Dass auch die Jahreszeit Schwankungen der Gletscher veranlasst, beobachtet man ebensowohl im Norden, wie in den Alpen, aber sie treten dort zu einer andern Jahreszeit auf als in den Alpen. Im ganzen hat man also drei verschiedene Längenschwankungen der arktischen

Gletscher zu unterscheiden: 1. solche von langer Periode, 2. solche von kurzer Dauer, 3. jahreszeitliche Schwankungen.

Die Regel, dass die Gletscheränderungen stets das ganze Volumen betreffen, ist für den Norden nicht massgebend, indem hier Verlängerungen der Gletscherzungen neben Abnahmen der Dicke in den obern Partien beobachtet werden. Man kann sich diesen Vorgang in der Weise erklären, dass zunächst, durch bestimmte meteorologische Verhältnisse bedingt, Schnee- und Eismassen sich in den oberen Partien unter Dicken- und Breitenzunahme der Gletscher anhäufen, bis sie durch die Gletscherzungen, ähnlich wie ein aufgestauter See, unter Zunahme der Länge abfliessen. Die Wärme des Sommers wirkt hierbei förderlich, indem sie die Eismassen beweglicher macht; auch kann eine Zunahme der Gletscherzungen durch die von der Wärme veranlasste Ausdehnung der Eiskrystalle veranlasst werden.

Für die Alpen haben die Untersuchungen einen Parallelismus zwischen den Schwankungen der Gletscherausdehnung und den Änderungen des Klimas insofern hervortreten lassen, als jeder kalten und regnerischen Periode ein Vorrücken der Gletscher entspricht, einer Reihe trockener und warmer Jahre dagegen ein Zurückgehen. Die Frage nach einem ähnlichen Zusammenhange zwischen Klima und Gletscherschwankungen in den nordischen Gegenden kann aber noch nicht in Angriff genommen werden, weil das Beobachtungsmaterial hierzu fehlt.

Die Bewegungsrichtungen des diluvialen Inlandeises sind von Joh. Petersen an der Hand des Geschiebematerials von krystallinischen Gesteinen, das sich im Besitze des naturhistorischen Museums zu Hamburg befindet, studiert worden.[1]) Er kommt zu folgendem Ergebnisse:

»Die Eismassen bewegten sich von den höchsten Erhebungen der skandinavischen Halbinsel radial nach der Eisgrenze, und zwar über den westlichen und mittlern Teilen des Flachlandes in Richtungen zwischen NO-SW und N-S, in den östlichen Teilen des Flachlandes in mehr nach Osten von der Nordsüdrichtung abweichenden Richtungen. Die einzelnen Teile des Nährgebietes sind nicht stets von gleicher Bedeutung gewesen, sondern die östlicher gelegenen Teile haben vorherrschend die Eisbewegung beeinflusst. Während der letzten Vereisung scheint nur der östliche Teil des Nährgebietes die Norddeutschland erreichenden Eisströme gespeist zu haben. Die von den genannten Bewegungsrichtungen abweichenden Stromrichtungen sind von geringer Ausdehnung und verdanken ihre Existenz teils veränderten Lagen der Vereisungsgrenze, teils dem Einflusse des Meeres, das Eismassen zum Kalben brachte und daher die Stromrichtungen abänderte. Ein sogenannter »baltischer Strom«, von NO kommend, erlangte eine besonders hervortretende Bedeutung.«

[1]) Mitteilungen der Geogr. Gesellschaft in Hamburg 1899—1900. 15. 16.

Die Stillstandslagen des letzten Inlandeises und die hydrographische Entwickelung des pommerschen Küstengebietes.[1]) Schon seit längerer Zeit war beim Studium der diluvialen Verhältnisse des östlich der Elbe gelegenen, norddeutschen Flachlandes erkannt worden, dass die grossen Thalzüge, die in etwa ostwestlicher Richtung das Land durchziehen und zum Teil heute noch von Flüssen benutzt werden, als Randthäler des sich allmählich nach Norden zurückziehenden Inlandeises aufzufassen sind und dazu dienten, die Schmelzwasser desselben, vereint mit den von den Mittelgebirgen zuströmenden Gewässern dem nächsten Meeresbecken, der Nordsee, zuzuführen. An der Hand der durch eine Reihe von Sonderbeobachtungen gewonnenen Resultate versucht nun K. Keilhack, die einzelnen Rückzugsetappen der letzten Vereisung durch Zusammenfassung der beobachteten Endmoränen zu grossen Zügen zu fixieren und die Entstehung dieser sogenannten Urstromthäler in Beziehung zu ihnen zu bringen. Als Kriterium für eine Stillstandslinie des sich allmählich nach Norden zurückziehenden Inlandeises dienen drei Momente: 1. die Endmoränen, jene Anhäufungen von Moränenschutt, wie sie noch heute am Fusse jedes Gletschers sich bilden, 2. die Moränenlandschaft, das von der Grundmoräne überkleidete, stark koupierte, mit Seen und Mooren erfüllte Gelände, und 3. die ausgedehnten, ebenen Ablagerungen von geschichteten fluvioglazialen Bildungen, die von den dem Eise entströmenden Schmelzwassern abgelagert wurden. Selbst also, wo es nicht zur Endmoränenbildung gekommen ist, ergiebt die Grenze zwischen jenen beiden Landschaftsformen die Stillstandslinie des Inlandeises.

Verfolgt man diese einzelnen Rückzugslinien des Inlandeises, so ergiebt sich als südlichste Grenze der letzten Vereisung eine Linie, die westlich der Elbe noch nicht hinreichend erkannt, östlich derselben von der Höhe des Fläming über Finsterwalde und Spremberg gen Sorau verläuft, sich weiterhin in dem südlich Glogau gelegenen Katzengebirge und östlich der Oder in den Trebnitzer Höhen fortsetzt und über Öls, Namslau und Kreuzberg zur polnischen Grenze zieht. Vor diesem Rande liegt das von Berend sogenannte Breslau-Hannoversche Hauptthal. Ob dieses Thal sich etwa von Magdeburg an wirklich weiter durch die Provinz Hannover auf Bremen zu fortsetzte, ist zur Zeit noch nicht entschieden. Heute noch wird dieses Thal benutzt im Osten von der Malapane, von Oppeln bis über Breslau hinaus von der Oder und weiterhin von der schwarzen Elster und Mulde, um dann der Unterelbe als Strombett zu dienen.

Das zweite Randthal, das beim Rückschmelzen des Eises gebildet wurde, ist das sogenannte Glogau-Baruther Thal. Ihm entspricht ein zweiter Endmoränenzug, der an der Prosna bei Pleschen beginnt und sich dann bogenförmig weiter westwärts über Dolzig,

[1]) Jahrbuch der kgl. preuss. Landesanstalt 1898. Berlin 1899. p. 90.

Storchnest, Priment, Schlawe, Kontopp zum Oderrande zieht. Jenseits der Oder findet er seine Fortsetzung in dem Grünberger Plateau und den Höhen zwischen Frankfurt a. O. und Guben und erreicht über Beeskow und Storkow die Spree. Von hier aus geht die Linie weiter über Königswusterhausen, Groes-Beeren und Teltow und zieht wahrscheinlich über Brandenburg durch die Westpriegnitz nach Mecklenburg, wo sie, nach Geinitz, von den Ruhner Bergen auf Herzfeld, südlich Wittenburg und nördlich Boizenburg sich fortsetzt, um nordwestlich und nördlich in noch unerforschtem Laufe durch Schleswig-Holstein weiterzugehen.

Das dritte, weiter nördlich gelegene Randthal ist das sogenannte Warschau-Berlin Hauptthal. In ihm fliessen heute noch die Warthe bis südlich Posen, die Obra, die Oder bis Frankfurt, die Spree und die Havel, von deren Mündung an dann das alte Elbthal die Gewässer wiederum weiterführte. — Der dazu gehörige Endmoränenzug beginnt bei Witkowo und Mieltschin und zieht über Schermeisel und Zielenzig nach Drossen und Frankfurt u. O., setzt sich dann fort über Lebus, Müncheberg, Buckow, Steinbeck, Biesenthal, Wandlitz und Zehlendorf bei Oranienburg, kreuzt die Havel und zieht weiter südlich und westlich an Gransee vorbei über Dierberg, Zechlin, Zempow, Ganzlin, Schwerin bis Gudow, um von da ab wiederum noch unbekannt durch Lauenburg und Schleswig-Holstein sich fortzusetzen.

Als weiteres nach Norden zurückliegendes Randthal entwickelte sich das sogenannte Thorn-Eberswalder Hauptthal, das heute noch von der Weichsel bis Fordon, von der Netze und Warthe und der Oder bis Oderberg benutzt wird, und das in der Linie des heutigen Finowkanals über Eberswalde zur Havel und Elbe führt. — Der ihm entsprechende Endmoränenzug ist eigentlich von der Weichsel an erst sicher erkannt, obwohl durch eine Reihe von Einzelbeobachtungen auch festgestellt ist, dass er sich weiter durch das östliche Westpreussen und Ostpreussen nach Osten hin fortsetzt. Von der Weichsel an zieht die Endmoräne in drei grossen Bogenstücken, einem Weichsel-, Oder- und Beltgletscher entsprechend, etwa von Schwetz über Karthaus, Rummelsburg, Persanzig, Falkenburg, Friedeberg, Arnswalde, Berlinchen, Oderberg, Senftenhütte durch die Uckermark und Mecklenburg östlich vom Müritzsee etwa bis Malchow in Mecklenburg; ihre Fortsetzung verläuft nördlich Lübeck und südlich Kiel über Flensburg nach Norden.

Interessant an diesem zugehörigen Randthale ist, dass es nicht in seiner ganzen Länge den Charakter eines Flussthales besitzt, wie die Höhenlage seiner Terrassen beweist. In einem Flussthale müssen diese eine Neigung besitzen, die der des Wasserspiegels parallel verläuft. Teilweise aber verlaufen sie auf grosse Strecken hin völlig horizontal, ein Mangel an Gefälle, der auf dort vorhanden gewesene Stauseebildungen schliessen lässt. Solche lagen um Thorn und Bromberg (bis zu einer Höhe von 75 *m*) und um Küstrin, von

Landsberg a. W. bis Oderberg und südlich fast bis Frankfurt a. O. reichend (in 40 *m* Höhe).

Während bis hierher der Verlauf der Rückzugslinien des letzten Inlandeises durch Einzelbeobachtungen, wie gesagt, schon bekannt war, ist die weitere Entwickelung dieser Rückwärtsbewegung ein völlig neues Resultat der Arbeiten Keilhack's.

Als nunmehr westlich der Weichsel das Eis weiter gegen die Ostsee zurückwich, konnten seine Schmelzwasser nicht mehr das südlich des baltischen Höhenrückens gelegene, alte Randthal erreichen, sondern mussten zwischen dem Eisrande als Norddamm und dem Höhenrücken als Süddamm sich nach Westen hin ein neues Thal bilden, das sogenannte pommersche Urstromthal. Es beginnt ungefähr nördlich Karthaus und verläuft etwa parallel der heutigen Ostseeküste nördlich Bütow und Rummelsburg über Belgard, Plathe, Wollin zum Oderthale und setzt sich weiter westwärts über Friedland nach Riebnitz zu fort. Auch in diesem bildeten die abfliessenden Gewässer wiederum Stauseen, nämlich nördlich Rummelsburg, bei Belgard und im Stettiner Haff. In letzteres ergossen sich nunmehr auch durch das nun eisfrei gewordene, untere Oderthal die vom Thorn-Eberswalder Hauptthale strömenden Gewässer, so dass etwa von Eberswalde an nunmehr nach Westen hin die Verbindung zur Elbe aufhörte. Wahrscheinlich lag noch ein vierter Stausee im Gebiete der Wismarer und Neustädter Bucht, die nach Norden durch das noch vorlagernde Eis geschlossen war, und dem von Osten her aus dem Stettiner Haffstausee durch das heute noch vom Grossen Landgraben, der Tollense und der Trebel benutzte Abflussthal die Wasser zuströmten, um dann von hier aus über Lübeck und Mölln durch das heute dem Elbe-Travekanal dienende Stecknitzthal wiederum zum Elbthale zu fliessen.

Bei weiterem Rückschreiten des Eises wurde das Stettiner Haff nach Norden eisfrei, und die Entwässerung erfolgte nunmehr durch die heutige Odermündung und den Strelasund zur Ostsee. Ziemlich gleichzeitig damit hörte auch der Zufluss von Osten her auf, indem vom Persante-Stausee bei Belgard an die Gewässer längs des Eisrandes nördlich Greiffenberg auf Kammin zu durchbrachen.

Während sich nunmehr das Eis immer im sogenannten baltischen Sinne zurückzog, d. h. dass der Betrag der Abschmelzung von Westen nach Osten denjenigen des nord-südlichen Abschmelzens weit übertraf, verharrte dasselbe in Hinterpommern etwas längere Zeit auf einer Reihe von kurz auf einander folgenden Linien, und während jeder einzelnen dieser Phasen entstand eines jener merkwürdigen Thäler, die unter spitzem Winkel von Ost nach West auf die Küste zu verlaufen.

Diese einzelnen Rückzugsrandthäler haben in Kürze folgenden Verlauf: Von dem nunmehr entwässerten Persante-Stausee flossen die Gewässer südlich von Köslin vorbei auf Kolberg durch das heutige Radüethal, späterhin erfolgte ein direkter Abfluss vom

Rummelsburger See her durch die von heute vom Grabowflusse benutzte Rinne zur Ostsee, noch später mündeten die Wasser über Schlawe-Rügenwalde, benutzten dann über Stolpe das Stolpthal und weiterhin das Lupowthal. Ein weiteres Stadium zeigt, während der Eisrand nördlich der Leba und Rheda lag, ein Randthal, das, an der Danziger Bucht beginnend, im Rhedathale über Lauenburg zum Lebathale zieht. Zu eben dieser Zeit hatte sich die Vereisung im heutigen Weichselgebiete so weit zurückgezogen, dass nunmehr auch der letzte Teil des Thorn-Eberswalder Hauptthales trocken gelegt wurde, indem die Fluten bei Fordon zur heutigen Weichselmündung durchbrachen.

Bei noch weiterem Rückzuge des letzten Inlandeises über Rixhöft hinaus wurde die heutige Küste völlig eisfrei, und die hydrographischen Verhältnisse des pommerschen Küstengebietes hatten damit ihre heutige Ausbildung erlangt.[1])

Die Deformation der Erde unter der Last des Inlandeises. Während der Eiszeit haben sich ausgedehnte Gebiete der höhern Breiten, die heute trocken liegen, unter dem Spiegel des Meeres befunden. In gewissen Gegenden scheint die Strandverschiebung nicht besonders gross gewesen zu sein, in andern aber erreicht sie recht beachtenswerte Beträge, die sich auf Hunderte von Metern beziffern. Man kann als sicher festgestellt annehmen, dass die Meeresspuren in Skandinavien bis nahezu 800 Fuss Höhe hinaufreichen. In Nordamerika findet man nach Warren Upham Meeresablagerungen in nahezu doppelter Höhe.

Man wollte diese Strandverschiebungen durch die Attraktion des Inlandeises erklären. Die Untersuchungen von Hergesell, Drygalski und Woodward haben uns vollen Aufschluss über diese Frage gegeben. Es geht aber aus denselben hervor, dass Strandverschiebungen von 1500 Fuss Höhe für den Effekt der Inlandeisattraktion jedenfalls zu gross sind.

Anderseits wurde die Meinung ausgesprochen, dass die glazialen Strandverschiebungen nicht so sehr von einer Erhöhung des Meeresniveaus, wie von einem Niedersinken des Landes bedingt waren.

Dieses Niedersinken musste zum Teil, wie es z. B. Drygalski bemerkt hat, von der Kontraktion der unter dem Eise sich abkühlenden Schichten herrühren. Nehmen wir an, dass die Temperatur der Oberfläche gegenwärtig in einer gewissen Gegend T^0 beträgt. Dank der Eisbedeckung wurde sie auf 0^0 herabgesetzt und dementsprechend mussten auch die darunter liegenden Schichten eine gewisse mit der Zeit wachsende Temperaturerniedrigung erfahren. Nehmen wir an, dass die infolge der Abkühlung sich zusammenziehenden Schichten durch den eigenen Druck und den Druck der Eisdecke beständig zusammengepresst waren, so dass keine Spalten

---

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 15. p. 151.

entstehen konnten. Dann war die Depression der Landoberfläche von der kubischen Kontraktion abhängig, und wir können dieselbe mit Hilfe einer von R. S. Woodward aufgestellten Formel berechnen. Es findet sich dann, wenn die Zeit, die seit dem Erkalten verflossen ist, rund zu einer Million Jahre angesetzt und die Temperaturerniedrigung zu 15° F. angenommen wird, nach M. P. Rudzki eine Depression von 7.21 Fuss.

So klein dieses Resultat ausgefallen ist, sagt Rudzki, muss es doch noch als eine Art Maximum betrachtet werden, und zwar aus zwei Gründen: 1. die Formel Woodward's wurde abgeleitet in der Voraussetzung, dass die Temperatur der ganzen Kugeloberfläche auf Null herabgesetzt wurde, während in der That bei lokaler Eisbedeckung der seitliche unterirdische Wärmestrom aus den vom Eise unbedeckten Gebieten der abkühlenden Wirkung der Eisdecke entgegenwirken musste; 2. es wurde angenommen, dass die ganze kubische Kontraktion sich in der Depression der Landesoberfläche offenbaren musste, was nur bei vollständiger Plastizität der Gesteine der Fall wäre.

Man hat aber oft hervorgehoben, dass die abkühlende Wirkung der Eisdecke sich nicht auf Wärmeleitungsprozesse beschränkt, dass sie auch auf eine andere Weise zur Geltung gelangt. Das kalte Schmelzwasser der Gletscher dringt in die Tiefe hinein und befördert die Abkühlung der Erdschichten. Es ist jedoch sehr schwer, diesen Faktor in die Rechnung zu ziehen, denn es fehlt an jeglichen Anhaltspunkten, um die Zirkulation dieses Schmelzwassers zu beurteilen. Man muss sich deshalb mit einer rohen Schätzung begnügen. — Wir würden z. B. annehmen (was gewiss zu hoch gegriffen ist), dass das Schmelzwasser die Temperatur der obern 100000 Fuss Gesteine um volle 10° F. herabgesetzt hat. Trotzdem würden wir eine Depression von kaum 21.3 Fuss erhalten.

Diese Beispiele zeigen zur Genüge, dass die thermischen Ursachen in den Deformationen der Glazialzeit keine wesentliche Rolle gespielt haben können. — Zu ähnlichen Schlüssen sind Chamberlin, Gilbert, ferner Warren Upham gekommen. — Um so mehr verdient die Hypothese Jamieson's, dass das Land zur Glazialzeit unter der Last des Eises niedersank, eine Beachtung. — In der letzten Zeit wurde diese Hypothese von Warren Upham ventiliert.

M. P. Rudzki hat nun[1]) die Frage genauer erörtert, ob und in welchem Masse die Oberfläche des Landes unter der Last des Inlandeises niedersinken konnte.

Auf den ersten Teil der Frage sagte er, müssen wir sofort mit »Ja« antworten, indem die Erde kein absolut starrer Körper ist, aber die Antwort auf den zweiten Teil der Frage kann nicht so kurz gefasst werden. Sie kann auch nicht genau sein, indem eine

---

[1]) Bulletin International de l'Academie des sciences de Cracovie 1899. Avril.

genaue Antwort die Kenntnis der physikalischen Beschaffenheit des Erdinnern, d. h. die Kenntnis einer unbekannten Grösse voraussetzt. Für die Beurteilung der Jamieson'schen Hypothese wird es aber ausreichen, wenn wir die Deformationen der Erde unter dem Drucke des Inlandeises mit gewissen plausiblen Annahmen berechnen, und zwar werden wir annehmen, dass die Erde sich wie eine isotrope eiserne Kugel deformiert.

Auf die mathematischen Entwickelungen Rudzki's kann hier nicht eingegangen werden. Als Resultat findet er, dass eine völlig elastische isotrope Kugel von der Grösse der Erde, so starr und inkompressibel wie eine Stahlkugel, unter dem Drucke der Eiskalotten beträchtliche Deformationen erfährt. Freilich sind diese Deformationen nur für das Menschenmass beträchtlich, denn im Vergleiche zu den Dimensionen der Erde sind sie verschwindend klein, beträgt doch die grösste Tiefe der Depression kaum 500 *m*, d. h. kaum $^1/_{12740}$ des mittlern Erdradius.

Gleichzeitig mit den soeben betrachteten Deformationen des starren Erdkörpers müssen Deformationen der Niveauflächen eintreten. — Dieselben sind zweierlei Art, einerseits Deformationen der Niveauflächen infolge der Attraktion der Eiskalotten, anderseits Deformationen infolge der Attraktion der Depressionen und Elevationen der Lithosphäre. Niveauänderungen erster Art wurden vor einigen Jahren von Hergesell, Drygalski und Woodward eingehend diskutiert, Niveauänderungen zweiter Art wurden noch nicht diskutiert, und mit diesen beschäftigt sich jetzt speziell Rudzki.

Auch untersucht er den Fall einer einseitigen Vereisung. Das schliessliche Ergebnis sämtlicher Untersuchungen fast er wie folgt zusammen:

»Unter der Voraussetzung, dass der Wasservorrat der Erde in Gestalt von Eis, Wasser und Dampf sich seit der Eiszeit nicht verändert hat, haben wir zwei Fälle betrachtet, 1. gleichzeitige Vereisung beider Hemisphären, 2. Vereisung einer Hemisphäre. Trotz der Annahme, dass die Starrheit und Inkompressibilität der Erde derjenigen des Stahles nahezu gleich sind, haben wir im Vergleiche zu den Dimensionen der Erde ganz verschwindende, aber für das Menschenmass ziemlich ansehnliche Deformationen gefunden. Auf diese Weise wurde die Vereinbarkeit einer grossen Starrheit der Erde mit der Hypothese beträchtlicher durch den Druck des Inlandeises erzeugter Deformationen bewiesen. Diese Deformationen würden auch nicht verschwinden, wenn die Kugel vollständig inkompressibel wäre, denn Formveränderungen sind auch bei einem inkompressiblen Körper möglich (nur nicht Volumveränderungen) — doch bei unendlicher Starrheit wäre eine jede Deformation unmöglich.

Die Deformationen sind natürlich bei einseitiger Vereisung andere, als bei beiderseitiger Vereisung, sie sind auch weniger ausgeprägt, so z. B. ist die Tiefe der Depression unter einer Eiskappe hier 347.1 *m* dort 497.8 *m*.

Was Niveauänderungen anbetrifft, so hat sich ergeben, dass dieselben zweierlei Art sind, die einen rühren von der positiven oder negativen Attraktion der durch die Deformationen des Erdkörpers erzeugten Elevationen und Depressionen; die andern rühren von der Attraktion des Inlandeises selbst her. Im Gebiete des Eises und um dasselbe haben beide immer entgegengesetzte Vorzeichen, beide Arten von Niveauänderungen neutralisieren einander. Im Falle beiderseitiger Vereisung sind die erst bezeichneten infolge grösserer Deformationen grösser als im Falle einer einseitigen Vereisung. Im Gegensatze dazu haben die andern im zweiten Falle kleinere Werte, indem die Attraktionen der beiden Eiskappen einander zum Teil neutralisieren. Es ist klar, dass unter solchen Bedingungen am Rande des Eises die zweiten im Falle einer beiderseitigen Vereisung von den ersten aufgehoben werden können, im Falle einer einseitigen Vereisung aber die Oberhand behalten.

Bei der Besprechung der Strandverschiebungen hat sich gezeigt, dass, hauptsächlich dank der doppelt so grossen allgemeinen Erniedrigung des Wasserspiegels, bei gleichzeitiger Vereisung beider Hemisphären, am Rande des Eises nur negative, dazu beträchtliche negative Strandverschiebungen auftreten können. Nur im innern Winkel tief in die Mitte vergletscherter Länder eingreifender Buchten können positive Strandverschiebungen zustandekommen. Bei einseitiger Vergletscherung ergaben sich für den Eisrand zwar kleine, aber positive Strandverschiebungen. Für die Mitte der Eiskappen ergaben sich in beiden Fällen beträchtliche positive Strandverschiebungen (im Falle einseitiger Vereisung um ca. 50 *m* grössere), deren Ausmass etwa den maximalen eiszeitlichen Strandverschiebungen in Skandinavien gleichzustellen ist. Wir erinnern daran, dass alle unsere Kalküle (mit Ausnahme eines speziellen Falles) sich auf Eiskappen bezogen, die 6.7 % der Erdoberfläche bedeckten, von runder Gestalt waren (Durchmesser 6666 *km*) und eine gleichmässige Dicke von 2000 *m* hatten.

Wir konnten leider in unserer Untersuchung nicht gewisse Eigenschaften reeller Stoffe in Rechnung ziehen, die auf den Gang der Ereignisse während der Eiszeit grossen Einfluss ausüben konnten, und die in der Physik unter dem Namen elastischer Nachwirkung u. s. w. bekannt, aber noch nicht vollständig ergründet sind. Dank dieser Eigenschaften verspätet sich der maximale Effekt einer deformierenden Kraft, oder es bleibt eine rückständige Deformation, nachdem die Ursache derselben schon aufgehört hat zu wirken. — Denken wir uns z. B. die allmähliche Bildung einer Eiskappe, sie wächst, vergrössert sich, gleichzeitig wächst die Depression unter derselben, aber wenn die Eiskappe schon aufgehört hat zu wachsen und so zu sagen den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreicht hat, so kann und wird die Depression unter derselben noch eine Zeit wachsen, bis sie auch den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreicht hat. Vermöge dieser Eigenschaft können die definitiven Deformationen der Erde

grössere Beträge erreichen, als man nach den mittlern Koëffizienten der Starrheit und der Inkompressibilität der Erde erwarten könnte. — Anderseits können nach der Schmelze des Eises noch mächtige rückständige Deformationen bleiben, insbesondere wenn diese Schmelze rasch zustandegekommen ist. Nehmen wir z. B. an, dass zwei Eiskappen vorhanden waren (also am Rande derselben negative Strandverschiebungen), und dass die Schmelze rasch erfolgte. Es konnte die Deformation noch nahezu auf ihrem Höhepunkte bleiben, während schon enorme Mengen Wassers dem Ozeane zurückerstattet wurden. Natürlich musste sich dessen Wasserspiegel heben, und die noch existierenden grossen zirkumpolaren Depressionen wurden überflutet. — Das Meer konnte Höhen erreichen, die während der Eiszeit weit oberhalb der Fluten standen. Die Verminderung der Attraktion des Inlandeises konnte den Einfluss der allgemeinen Erhöhung des Meeresspiegels nicht kompensieren.«

13. Die Lufthülle im allgemeinen.

Das atmosphärische Gas Krypton. Unter den neu entdeckten Gasen, welche die Atmosphäre enthält, und in welcher sie spärlicher enthalten sind, als das Gold im Meereswasser, ist neben dem Xenon das Krypton durch sein Atomgewicht besonders merkwürdig. Untersuchungen darüber waren nur von Prof. Ramsay angestellt worden, weshalb Prof. Ladenburg und C. Krügel in Breslau eine genaue Untersuchung desselben unternahmen. Ihrem Bericht über diese Arbeit in der Preussischen Akademie der Wissenschaften[1]) ist das Folgende entnommen:

»Durch vielfaches Arbeiten mit flüssiger Luft und durch eingehende Studien zur Messung niederer Temperatur und zur Trennung von Körpern bei niederer Temperatur, sagen die genannten Forscher, hielten wir uns in den Stand gesetzt zur Lösung einiger Fragen, welche die glänzenden Untersuchungen und Entdeckungen Ramsay's und seiner Mitarbeiter aufgeworfen haben; namentlich schien es uns möglich, das Krypton, von dem man zur Zeit, als wir diese Arbeit begannen, nur wenig wusste, in einem Zustand grösserer Reinheit zu gewinnen und seine Eigenschaften etwas genauer festzustellen, besonders auch zu prüfen, ob sein Atomgewicht wirklich, wie dies Ramsay annimmt, 80—82 beträgt.

Freilich liegt der Beginn dieser Arbeit mehr als ein Jahr zurück, da das erste grössere Quantum flüssiger Luft, das wir uns verschafften (im März des vergangenen Jahres), bei dem Transport verloren ging, und wir erst im letzten Herbste in die Lage versetzt wurden, dieses zu ersetzen. Inzwischen hat auch Ramsay grössere Mengen von flüssiger Luft auf Krypton verarbeitet, wie uns der in der Chemikerzeitung erschienene Bericht über die Münchener Naturforscherversammlung belehrte. Doch ist seit der ersten Veröffentlichung in den Comptes rendus (siehe auch Zeitschrift für physikalische Chemie 2 b. 362) und dem von ihm selbst veröffentlichten Vortrage in der Deutschen Chemischen Gesellschaft (Dezember 1898) keine authentische Veröffentlichung über Krypton erschienen oder wenigstens uns

---

[1]) Sitzungsberichte 1900. 16. p. 212.

bekannt geworden, so dass wir keinen Grund sahen, die einmal begonnene Arbeit zu unterbrechen.

Nachdem wir erfahren hatten, dass die Fabrik Rhenania bei Aachen eine Linde'sche Luftverflüssigungsmaschine aufgestellt habe, welche 50 *l* flüssiger Luft pro Stunde zu liefern im stande sei, sind wir mit dieser in Verhandlung getreten. und es wurde uns gegen Entschädigung gestattet, den Verdampfungsrückstand von 1000 *l* flüssiger Luft für unsere Zwecke zu benutzen. Leider kamen bei der Maschine mehrere Betriebsstörungen vor, so dass es drei Wochen dauerte, bis eine Menge von 850 *l* flüssiger Luft gewonnen war, deren bis auf 3 *l* verdampften Rückstand der eine von uns (K.) in zwei versilberten Dewar'schen Flaschen hierher brachte, wo wir sie in dem Masse, als sie verdampfte, in grossen Gasometern auffingen. Es wurden 2300 *l* Gas erhalten, welche durch glühendes Kupfer von Sauerstoff befreit wurden. Aus den restierenden 120 *l* wurde der Stickstoff entfernt, wobei wir im wesentlichen die von Lord Rayleigh und Ramsay zur Isolierung des Argons angegebenen Methoden benutzten. Die letzten Anteile des Stickstoffes wurden stets durch Funken mit überschüssigem Sauerstoff über Kalilauge oxydiert und der zurückbleibende Sauerstoff durch pyrogallussaures Kalium absorbiert. Dass so eine fast vollständige Entfernung des Sauerstoffes erzielt wurde, zeigte eine Probe, die, mit gelbem Phosphor behandelt, nur eine äusserst geringe Absorption erkennen liess.

Zum Funken über Kalilauge haben wir uns Glasgefässe herstellen lassen, die sich sehr gut bewährten. Aus diesen Gefässen wurde das Gas nach dem Trocknen durch Phosphorsäureanhydrid in mehrere Ramsay'sche Gasometer übergefüllt. Bei solchen Operationen müssen selbstverständlicherweise alle Zwischenteile ganz luftleer gepumpt werden, wozu wir uns einer Stuhl'schen Quecksilberluftpumpe bedienten, die zu unserer grossen Zufriedenheit arbeitete.

So wurden schiesslich 3.5 *l* Gas erhalten, die nun in flüssiger Luft kondensiert wurden. Das Kondensationsgefäss, welches die Drähte und die Lötstelle des als Thermometer dienenden Thermoelementes eingeschmolzen enthielt, wurde, ehe das Gas eingeleitet wurde, vollständig luftleer gepumpt. Das Gas verdichtete sich leicht und vollständig unter etwas erhöhtem Druck (den man durch Heben des mit dem Gasometer verbundenen Quecksilberreservoirs herstellt) zu einer durchsichtigten farblosen Flüssigkeit; daneben entstanden kleine Mengen von farblosen Krystallen.

Nun wurde durch Herausziehen des Kondensationsgefässes aus der flüssigen Luft das verflüssigte Gas zum Sieden gebracht und in verschiedenen Gasometern, je nach der Siedetemperatur, aufgefangen (d. h. fraktioniert).

Die Temperatur stieg rasch von —189° bis auf — 181.2°; da wurde sie ziemlich konstant, und etwa 2.5 *l* Gas wurden hier in Flasche 2, 3 und 4 aufgefangen, während Flasche 1 das zwischen —189° und —181° siedende enthielt. Dann stieg die Temperatur rasch bis auf —153°, wo die letzten Anteile von Flüssigkeit verdampften. Dieser Teil wurde in Flasche 5 aufgefangen. Schliesslich blieb ein krystallinischer Rückstand, der bei etwa —147° schmolz und dann rasch verdampfte und in Flasche 6 aufgefangen wurde.

Die Gase von Flasche 2, 5 und 6 wurden nun sowohl auf ihre Dichtigkeit wie auf ihr spektralanalytisches Verhalten untersucht.

Gas aus Flasche 2 (Siedepunkt —181.2°): dieses zeigte ein sehr vollständiges Argonspektrum, daneben war die grüne Kryptonlinie (aber nicht die gelbe) deutlich zu sehen. Die Dichtigkeit des Gases ward zunächst zu 38.6 gefunden. Als aber das Gas von neuem mit O gemengt über Kalilauge gefunkt, dann von O befreit und getrocknet wurde, zeigte es eine Dichtigkeit von 40.34.

Gas aus Flasche 5 (Siedepunkt — 170° bis — 153°). Auch hier war noch ein schönes Argonspektrum zu sehen, daneben aber ein sehr deutliches Kryptonspektrum, aus dem sich die Linie D_4 und die grüne Linie glänzend hervorhob. Die Bestimmung der Dichte ergab 42.21 (auf O = 32), woraus hervorgeht, dass man es mit einem Gemenge von Argon und Krypton zu thun hat, in dem das erstere den Hauptteil bildet.

Die Untersuchung des Gases aus Flasche 6 lieferte unerwartete Resultate: hier war ein ausgezeichnetes Kryptonspektrum vorhanden, aus dem die Linie D_4, 586.9 $\mu\mu$ und die grüne Linie 558.1 $\mu\mu$ hellglänzend wie Wasserstofflinien hervorleuchteten. Ausserdem waren einige Linien, die wir geneigt waren für Argonlinien zu halten, ganz schwach sichtbar. Die Frage, ob hier wirklich noch Argon vorhanden sei, schien uns von Wichtigkeit und ihre Bejahung um so zweifelhafter, als die charakteristischste Argonlinie (nach unserem Ermessen), die Orangelinie mit der Wellenlänge 603.3 $\mu\mu$, ebenso wie die brechbarsten violetten Linien total fehlten. Wir haben deshalb unser Kryptonspektrum einer genauen Untersuchung unterzogen und eine grosse Zahl von Linien gemessen.«

Die genannten Forscher geben in einer Tabelle ein Verzeichnis der Linien des Argonspektrums, welche Crookes gemessen hat, sowie der von ihnen selbst gemessenen Linien desselben, dann ein Verzeichnis der von ihnen gemessenen Linien des Kryptonspektrums und der von Ramsay und Travers gemessenen Linien desselben, sämtlich nach Wellenlängen geordnet. Erläuternd bemerken sie zu diesen Verzeichnissen:

»Man sieht aus der Zusammenstellung, dass zehn Linien unseres Kryptonspektrums, darunter sieben in Rot, mit Argonlinien zusammenfallen, dass aber einige der hellsten Argonlinien, ebenso wie das ganze violette Ende des Argonspektrums, in unserem Spektrum nicht vorkommen. Wie uns scheint, muss man daraus schliessen, dass entweder nur sehr wenig Argon oder nur ein Bestandteil des Argons in unserem Krypton enthalten ist.

Die Dichtebestimmung unseres Gases ergab die Zahl 58.81 auf Sauerstoff 32 bezogen. Die beobachteten Daten waren die folgenden: Gewicht des Gases: 0.0391, Volum der Kugel: 16.364 *ccm*, reduzierter Barometerstand: 739.4 *mm*, Temperatur: 19°.

Bei der kleinen Menge von Gas und der nicht über 0.0001 *g* gehenden Genauigkeit unserer Wage müssen wir den Fehler unserer Bestimmung auf 1% schätzen.

Zur Kontrolle dieser Dichtigkeitsbestimmung, deren Resultat uns doch sehr überraschte, haben wir das Gas von neuem mit Sauerstoff gemengt und über Kalilauge gefunkt. Dabei fand eine nicht unbedeutende Volumabnahme statt, so dass wir glaubten, unser Gas sei noch stickstoffhaltig gewesen. Später stellte sich aber heraus, dass unser Sauerstoff, den wir stickstofffrei hielten, noch nicht vollständig rein war.

Ausdrücklich aber müssen wir hier hervorheben, dass wir jetzt so lange funkten, bis selbst nach Stunden keine Volumabnahme stattfand, so dass wir sicher sein konnten, keinen Stickstoff mehr in unserem Gas zu haben. Dann wurde dasselbe durch pyrogallussaures Kalium von Sauerstoff befreit und über Quecksilber aufgefangen, wo es noch über gelbem Phosphor und frisch geschmolzenem Kalium 40 Stunden stehen gelassen wurde. Alsdann wurde eine neue Dichtigkeitsbestimmung ausgeführt. Die Daten waren jetzt die folgenden: Gewicht des Gases: 6.0394, Volum desselben: 16.364 *ccm*, Temperatur: 17.5°, reduzierter Barometerstand: 743 *cm*. Daraus berechnet sich die Dichte auf O = 32 bezogen zu 58.67, also in bemerkenswerter Übereinstimmung mit der zuerst gefundenen Zahl 58.81. Daraus geht mit Sicherheit hervor, dass das Krypton keinen Stickstoff mehr enthielt, und da ihm, wie oben aus der spektralanalytischen Untersuchung gefolgert wurde, nur wenig Argon beigemengt ist, so darf man es wohl als nahezu rein ansehen. Dieser Schluss wird wesentlich gestützt durch

die Thatsache, dass dieses Gas aus einem krystallinischen Körper entstanden ist, was doch zweifellos für die Einheitlichkeit desselben spricht.

Dann aber fragt es sich, welche Stellung dem Krypton in der periodischen Reihe zukommt, wenn man die Zahl 58.8 für die Dichte als nahezu richtig ansieht. Wir glauben, dass man die neue Gruppe von Elementen in der Luft vor Gruppe I setzen könnte, so dass He = 4 vor Lithium, Ne = 20 vor Natrium, A = 39 vor Kalium, und schliesslich Kr = 59 vor Kupfer zu stehen käme.

Doch ist dies nur eine Hypothese, die einer weitern Prüfung bedarf. Hiermit sind wir beschäftigt, indem sich durch den festen Aggregatzustand des Kryptons vielleicht ein neuer, weit einfacherer Weg zu seiner Gewinnung bietet, den wir auch schon betreten haben.

Dieser besteht in der Verarbeitung der in der flüssigen Luft fest abgeschiedenen Teile, welche offenbar neben Kohlendioxyd Krypton enthalten werden, wenn die Löslichkeit in flüssiger Luft nicht genügt, um alles vorhandene Krypton in Lösung zu halten.«

Der Kohlensäuregehalt der Luft auf dem Mont Blanc ist von St. Maurice de Thierry an zwei Stationen, in 1080 *m* Seehöhe und in 3050 *m* Höhe auf dem Observatorium der Grands Mulets bestimmt worden.[1])

Er bediente sich der Methode, welche zu Montsouris bei den regelmässigen Kohlensäurebestimmungen benutzt wird. Seine Apparate waren dieselben drei Pettenkofer'schen Röhren, durch welche in sehr langsamem Strome 150 *l* Luft gesogen wurden; auf den Grands Mulets wurde am 20. August 1898, in Chamonix am 5. September gemessen. — Es ergab sich auf den Grands Mulets der Gehalt der Luft zu 26.9 *l* in 100 *cbm*, in Chamonix zu 26.2 *l*, während an den beiden Beobachtungstagen die Messungen in Montsouris im Mittel 32.1 *l* auf 100 *cbm* Luft ergeben haben. Die Menge der Kohlensäure nimmt daher nur sehr wenig mit zunehmender Höhe ab, was übrigens bereits Saussure 1828 gefunden hatte.

Brennbare Gase in der Atmosphäre. Behufs Nachweisung von solchen hat A. Gautier[2]) sehr genaue Luftanalysen mit einem Apparate ausgeführt, der grosse Mengen atmosphärischer Luft langsam durch jede Spur von Feuchtigkeit und von Kohlensäure absorbierende Stoffe zu leiten gestattete, dann durch eine lange Röhre mit auf 650—700° erhitztem Kupferoxyd streichen liess und sowohl die hierbei entstandene Menge des Wassers als die der Kohlensäure zu messen erlaubte. Zunächst wurde die Luft im Zentrum von Paris, die 3.5 *m* über dem Erdboden entnommen war, in den verschiedenen Jahreszeiten untersucht. Im Mittel aus 21 bei verschiedenen Witterungsverhältnissen ausgeführten Messungen erhielt Gautier nach Überleiten über eine Kupferoxydsäule von 0.30 *m* Länge in 100 *l* Luft 1.96 *mg* H und 6.80 *mg* C. Als er aber dann die Luft statt durch eine Röhre mit CuO durch drei hintereinander geschaltete Röhren, von denen die zweite 0.40, die dritte

---

1) Compt. rend. **129**. p. 315.
2) Compt. rend. **130**. p. 1667.

0.80 *m* lang war, ziehen liess, nahm die Menge dieser Gase zu; er fand nun in 100 *l* Luft im Mittel H = 3.96 *mg* und C = 12.45 *mg*. Diese Mengen wurden jedoch schon erhalten, wenn die Luft nur durch zwei Röhren gestrichen war; die dritte hatte keinen Einfluss mehr, d. h. es war nun definitiv aller Wasserstoff und aller Kohlenstoff der atmosphärischen Luft entzogen. Das Verhältnis der beiden Gase zu einander schwankte um 3, und diese Mengen änderten sich nicht unter den verschiedensten Witterungsverhältnissen. Der hieraus abzuleitende Schluss, dass die Pariser Strassenluft stets eine kleine Menge von Sumpfgas enthalte, wäre aber ein übereilter, denn ein direkter Versuch, in welchem eine kleine Menge Methan in derselben Weise mit kohlensäurefreier Luft verdünnt über CuO verbrannt wurde, gab für das Verhältnis C/H nicht die theoretische Zahl 3, sondern nur 2.44, weil der Wasserstoff schneller verbrennt als der Kohlenstoff. Weitere Versuche ergaben gleichwohl, dass die Atmosphäre Sumpfgas enthält, aber gemischt mit freiem Wasserstoff und andern kohlenstoffreichen Kohlenwasserstoffen.[1])

Die Untersuchung von reiner Waldluft ergab in drei Fällen[2]) einen mittlern Gehalt von H = 1.54 *mg* und von C = 3.4 *mg*; das Verhältnis zwischen beiden war somit auf 2.2 gesunken, so dass hier bereits eine Beimischung von H zum Methan vorzuliegen schien. Weiter wurde die Luft in vegetationsfreiem Hochgebirge (in den Pyrenäen in einer Höhe von 2400 *m*) nach der gleichen Methode analysiert und im Durchschnitte 1.97 *mg* Wasserstoff neben 0.66 *mg* Kohlenstoff in 100 *l* Luft gefunden. Hier war also das Verhältnis C/H schon auf 0.33 gesunken, und mit der Höhe, wie mit der Entfernung von animalischen und vegetabilischen Einflüssen schien die Menge der Kohlenwasserstoffe in der Luft zu schwinden, während freier Wasserstoff fast in der Menge von zwei Zehntausendsteln vorhanden war. Da aber selbst im Gebirge kümmerliche Pflanzen nicht fehlen, und Gärungsvorgänge nicht ganz ausgeschlossen sind, wurden schliesslich noch Analysen von Meeresluft, und zwar während der Herbstäquinoktien angestellt, wo die mehrere Tage anhaltenden NW Winde ganz reine Meeresluft den Küsten der Bretagne zuführten. Auf dem 40 *km* vom Lande entfernten Leuchtturme von Roches-Douvres konnte Gautier seine Apparate aufstellen und die Luft auf ihren Gehalt an Kohlenwasserstoff, bezw. andern brennbaren Gasen untersuchen. Im Mittel dreier hinreichend lange fortgesetzter Messungen wurde in 100 *l* Luft bei 0° und 760 *mm* Druck 1.21 *mg* Wasserstoff und 0.0 *mg* Kohlenstoff gefunden. Die Vermutung, dass bei Ausschluss jeder Erdausströmung der Gehalt an Kohlenwasserstoff verschwinden werde, hat sich voll bestätigt, während der Gehalt an Wasserstoff, und zwar von etwa zwei Zehntausendsteln, zur normalen Zusammensetzung der Luft zu gehören scheint.

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1900. No. 32.
[2]) Compt. rend. 131. p. 13 u. 86.

Über Irrlichter macht W. Müller, neben Anführung bereits bekannter älterer Beobachtungen interessante Mitteilungen.[1]) Hiernach sind die Zeugnisse für das Vorkommen der Irrlichter vielfach so einwandfrei und zugleich so zahlreich, dass keinerlei Zweifel daran mehr berechtigt erscheint.

»Fragt man sich aber, was sind die leuchtenden Gase, und wie entstehen sie, so muss man rückhaltlos zugeben, dass eine irgend befriedigende Antwort auf diese Frage bis heute nicht gefunden ist. Bessel fordert das wissenschaftliche Bremen auf, durch Exkursionen nach dem Moore das Wesen und die Ursache der Irrlichter zu erforschen. Das nächste dazu wäre das Aufsammeln der das Licht ausstrahlenden Gase, aber bei der Seltenheit der Erscheinung und ihrer leichten Veränderlichkeit ist wenig Aussicht vorhanden, dass rechtzeitig Gasbehälter zur Stelle wären. Die erste Möglichkeit, den Thatbestand genauer festzustellen, könnte sich noch dem Amateurphotographen bieten, der mit seinem Apparate Wald und Feld durchstreift, um sich von allem Sehenswürdigen ein unbedingt naturtreues Bild zu verschaffen.

Da Phosphorwasserstoff als ein an der Luft von selbst entzündliches Gas uns bekannt ist, so war es natürlich, dass man bei den Irrlichtern zunächst an dieses Gas dachte. Aber sein Verbrennen mit knoblauchartigem Geruche und unter Bildung von weissen leuchtenden Dämpfen ist von der Beschreibung fast aller Irrlichter so abweichend, dass man die gewöhnliche Ursache derselben im Phosphorwasserstoff nicht suchen darf. Nun hat zwar Hirzel den Nachweis geführt, dass schon eine geringe Beimengung von Phosphorwasserstoff zur Sumpfluft diese zum Leuchten bringt, aber es gehört Phosphorwasserstoff dazu, und dessen Entstehen ist eben schwer begreiflich. Tapeiner hat durch Zusatz von Schlamm oder durch Impfen einer einprozentigen Fleischextraktlösung für sich und der mit künstlicher Nährflüssigkeit versetzten Lösung ganz verschiedenartig zusammengesetzte Gemenge von Wasserstoff, Sumpfgas und Kohlensäure hervorgerufen. Phosphorwasserstoff war nicht darunter, und es war ein voreiliger und durchaus unberechtigter Schluss, dass man mit den Schlammbazillen je nach der Nährflüssigkeit alle möglichen Arten von Sumpfluft und auch selbstleuchtende erzeugen könnte, mit andern Worten, dass man dem Irrlichtbazillus auf der Spur wäre. Dazu gehörte, erst einen Bazillus aufzufinden, der etwa die vielverbreitete Phosphorsäure in Phosphorwasserstoff überführen könnte. Bis heute ist ein solcher Bazillus nicht bekannt, und so fehlt uns überhaupt jeder nähere Anhalt für die Erklärung, wie die brennbare Sumpfluft von selbst entzündet oder zum Leuchten gebracht werden kann. Dass diese Erklärung bisher vergebens gesucht wurde, beweist jedoch ihre Unmöglichkeit keineswegs. Wir sehen also in dem Irrlichte phosphoreszierende Luft, weshalb sie

---

[1]) Gaea 1900. p. 591.

phosphoresziert, ob durch Beimengung von Phosphorwasserstoff oder von andern Gasen, das wissen wir nicht. Das auffallende Aufleuchten der grössern Flammen in weiterem Abstande vom Erdboden ist vielleicht darauf zurückzuführen, dass zunächst die bei aller Sumpfluft mit aufsteigende und dem Leuchten hinderliche Kohlensäure wegen ihres hohen spezifischen Gewichtes und der langsamen Diffusion teilweise unten sich ausscheidet, mehr lässt sich heute begründet nicht aussagen. Versuche mit Sumpfluft unter Zugabe der verschiedensten fremden Gase sind vermutlich am ersten geeignet, weitere Aufklärung zu bringen. Wie in den einzelnen Berichten meist schon angegeben ist, werden die Irrlichter entweder als kleine Flammen und oft nicht höher als diejenige einer Kerze beschrieben, oder man bezeichnet sie als flammenartig, oder in anderer Form glühende Luftmassen von viel grösserem Umfange. Im ersten Falle hat man sie wiederholt, doch nicht immer ziemlich oder sogar recht zahlreich gesehen, im letzten Falle waren sie stets vereinzelt. Ob die verschiedenen in Deutschland für die Erscheinung gebräuchlichen Bezeichnungen: Irrwisch, Lüchtemänniken, feuriges Männlein, feuriger Mann, gleuniger Keerl mit ihrer Grösse oder Form zusammenhängen, konnte in keinem Falle bestimmt ermittelt werden und lässt sich deshalb nicht entscheiden.«

Kimmtiefen-Beobachtungen sind von K. Koss an 48 über den Zeitraum vom November 1898 bis Oktober 1899 gleichmässig verteilten Tagen von Verudella bei Pola aus angestellt worden.[1])

Mit einem astronomischen Universale und mit einem Präzisions-Nivellierinstrumente wurden vom Morgen bis zum Abende Zenithdistanzen des freien Meereshorizontes aus drei Augenhöhen und dazu fortlaufend Luft- und Wassertemperaturen gemessen, letztere von einem Dampfboote in See. Aus den zur Verwendung gelangten 360 Zenithdistanzen der Kimm aus 10 *m*, 740 Zenithdistanzen aus 16 *m*, 160 Zenithdistanzen aus 42 *m* Augenhöhe, sowie den Beobachtungen auf der »Pola« im Roten Meere. 260 Zenithdistanzen aus 6.5 *m* und mehr als 1000 Temperaturmessungen ergiebt sich u. a. folgendes:

1. Die Kimmtiefe ändert sich mit dem Unterschiede zwischen der Luft- und der Wassertemperatur, ohne dass Luftdruck, Feuchtigkeit oder Bewölkung merklich darauf einwirkten.

2. Der Betrag, um den die Kimm gehoben oder gesenkt wird — bis zu 3′ auf oder ab — kann für verschiedene Temperaturdifferenzen berechnet werden wie folgt:

bei 6.5 *m* Augenhöhe	. . .	Hebung $= 2.12 \cdot \varDelta + 15$:
10.2 *m*	. . .	Hebung $= 2.144 \cdot \varDelta + 17.9$:
15.9 *m*	. . .	Hebung $= 2.207 \cdot \varDelta + 27.5$:
41.8 *m*	. . .	Hebung $= 2.096 \cdot \varDelta + 36.0$:

worin $\varDelta$ der Unterschied: Lufttemperatur — Wassertemperatur in Zehntelgraden ist; die Hebung (negativ Senkung) giebt zu der geodätischen, d. i. ohne Refraktion berechneten Kimmtiefe dazugelegt, die jeweils als Reduktion einer beobachteten Gestirnshöhe zu verwendende Kimmtiefe.

[1]) Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens 1900.

3. Die Hebung (Senkung) wird durch die Abnahme der Temperatur mit der Höhe bewirkt; dieses Temperaturgefälle macht, wenn Luft und Wasser gleich warm sind, eine Abnahme von 0.016° pro Meter aus (1° auf 60 *m*) und wird durch einen Unterschied zwischen Luft- und Wassertemperatur geändert; ist das Wasser wärmer (kälter) als die Luft, so wird durch den Wärmeaustausch, den der Wind fortwährend unterhält, die dem Wasser nächste Schicht erwärmt (abgekühlt) und hierbei immer gewechselt, wodurch auch die Temperaturabnahme mit der Höhe vergrössert (verkleinert) wird. Diese Änderung ist in den untern Luftschichten stärker als in den obern.

4. Die gegebenen Grössen gelten für den Fall, dass eine Brise von mindestens Stärke 2—3 die Luft gut durchmischt. Bei schwächerem Winde kann sich warme Luft in der Höhe ansammeln und über der kältern untern liegen bleiben, wodurch eine besonders starke Hebung der Kimm entsteht. In solchen und in andern ähnlichen Fällen hat sich die Kimm in verschiedenen Richtungen verschieden tief gezeigt.

14. Temperatur.

Die Absorption der Sonnenwärme in der Atmosphäre war Gegenstand einer mathematischen Untersuchung von Dr. P. Schreiber.[1]) Als Einheit nimmt er Kubikmeter, Tonne und Tonnenkalorie (= 1 Million Grammkalorien) und für die Solarkonstante bei senkrechtem Auffalle der Strahlen pro Quadratcentimeter und Minute den Wert von drei kleinen Kalorien, von denen jede gleich der Wärmemenge ist, welche 1 Gramm (1 Kubikcentimeter) Wasser um 1° erwärmt.

Verf. berechnet zunächst die die Erdoberfläche betreffenden Wärmemengen ohne Rücksicht auf die teilweise Absorption der Strahlen in der Atmosphäre, darauf mit angenäherter Rücksicht auf dieselbe. Die folgende Tabelle giebt gemäss dieser Berechnungen für die Mitte jedes Monates, die Tagesmengen der Sonnenstrahlung auf einen horizontalen Quadratmeter in Tonnenkalorien ohne Berücksichtigung der Absorption. Es bezeichnet dann δ die Deklination der Sonne, φ die ganze Breite.

Mitte	δ	$\varphi = 0$	10	20	30	40	50	60	70	80	90° n. B.
Januar . .	—22°	12.8	11.1	9.3	7.3	5.1	3 0	1.0	0.0	0.0	0.0
Februar .	—14	13.3	12.2	10.7	9.1	7.0	4.9	2.8	0.8	0.0	0.0
März . . .	— 2	**13.8**	13.3	12.6	11.5	10.0	8.2	6.2	4.0	1.8	0.0
April . . .	+10	13.6	14.0	14.0	13.6	12.8	11.8	10.3	8.6	7.4	7.4
Mai	+20	12.9	**14.0**	14.6	15.1	15.1	14.6	14.0	13.9	14.6	14.7
Juni . . .	+23	**12.6**	13.9	**15.0**	**15.4**	**15.8**	**15.8**	**15.6**	**16.2**	**17.0**	**17.3**
Juli	+22	12.8	**14.0**	14.8	15.3	15.4	15.3	15.0	15.3	16.0	16.2
August .	+14	13.3	14.0	14.2	14.0	13.8	12.9	11.8	10.6	10.2	10.4
September	+ 2	**13.8**	13 6	13.2	12.4	11.0	9.3	7.5	5.5	3.2	1.5
Oktober .	— 8	13.6	12.9	11.8	10.3	8.5	6.6	4.4	2.2	0.1	0.0
November	—18	13.1	11.7	10.1	8.1	6.0	4.0	1.8	0.3	0.0	0.0
Dezember	—23	**12.6**	**11.0**	**9.1**	**7.0**	**4.8**	**2.6**	**0.7**	**0.0**	0.0	0.0

[1]) Abhandlungen des Königl. sächs. meteorolog. Institutes Heft 4. Leipzig 1899.

Multipliziert man diese Tagesmengen mit der Anzahl der Monatstage, so erhält man, hinlänglich genau, die Monatssummen.

Um den Einfluss der Absorption recht hervortreten zu lassen, nimmt Dr. Schreiber an, dass der Durchlässigkeitskoeffizient p, d. h. der Bruchteil der Wärmestrahlen, welcher bei senkrechtem Auffallen an der Erdoberfläche ankommt, 0.6 sei, die Absorption also 0.4 betrage, eine Annahme, die mit derjenigen Langley's sich ziemlich deckt. Unter dieser Annahme findet er folgende Tagesmengen der Sonnenstrahlung auf einen horizontalen Quadratmeter in Tonnenkalorien.

Mitte	δ	$\varphi=0$	10	20	30	40	50	60	70	80	90° n. B.
Januar . .	−22°	6.05	4.95	3.71	2.47	1.24	0.41				
Februar. .	−14	6.44	5.77	4.67	3.57	2.34	1.10	0.27			
März . . .	− 2	6.87	6 60	5.91	5.08	3.99	2.75	1.51	0.55		
April . . .	+10	6.60	7.00	6.87	6.46	5.78	4.81	3.57	2.34	1.10	0.55
Mai	+20	6.19	6.87	7.28	7.42	7.16	6.60	5.77	4.67	3.71	3.30
Juni	+23° 28′	5.90	6.87	7.42	7.70	7.56	7.15	6.46	5.64	4.95	4.81
Juli	+22	6.05	6.87	7.42	7.56	7.43	7.02	6.19	5.23	4.40	4.12
August . .	+14	6.44	7.00	7.15	6.87	6.32	5.50	4.40	3.16	1.92	1.24
September	+2	6.87	6.73	6.32	5 64	4.53	3.43	2.20	0.96	0.14	
Oktober. .	− 8	6.73	6.19	5 36	4.40	3.16	1.93	0.83	0.14		
November	−18	6.32	5.36	4.27	3.02	1.79	0.83	0.14			
Dezember.	−23° 28′	5.90	4.81	3.57	2.34	1.10	0.27				

Durch Multiplikation der für die Mitte eines Monates geltenden Tagesmengen mit der Zahl der Monatstage wird man genügend genau die Monatssummen berechnen können. Verf. kann diesen Zahlen einen besondern Wert nicht zuerkennen. Dagegen haben die Jahressummen ein gewisses Interesse, und er giebt deshalb folgende sehr abgerundete Zahlen für mehrere Durchlässigkeitsgrade.

Jahressummen der Strahlung
auf einen horizontalen Quadratmeter in Tonnenkalorien.

φ	p = 1.0	p = 0.9	p = 0.8	p = 0.7	p = 0.6
0°	4800	4100	3500	2900	2300
10	4700	4000	3400	2800	2200
20	4500	3800	3200	2600	2100
30	4200	3500	2900	2400	1900
40	3800	3100	2500	2000	1600
50	3300	2600	2100	1600	1200
60	2700	2100	1600	1200	900
70	2300	1700	1200	900	700
80	2100	1400	1000	700	500
90	1900	1400	900	600	400

Ferner untersucht Dr. Schreiber die wichtigsten bisher angewandten Methoden zur Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung. Zunächst behandelt er das Violle'sche Aktinometer, entwickelt die Formeln zur Berechnung der Beobachtungen und giebt



Fig. 1.



Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

Fig. 2.

Jahrbuch XI, 1900.
Tafel IV.

Waldverwüstung durch die Trombe von Borås am 3. Juli 1899.

die Violle'sche Berechnungsmethode an der Hand der Messungen Langley's, wobei er zeigt, dass die Theorie Violle's nur ein unter gewissen Bedingungen zulässiges Näherungsverfahren ist. Das letztere gilt nach Schreiber auch von Pouillet's Methode. Schliesslich kommt Dr. Schreiber zu dem Ergebnisse, dass die Resultate Langley's, Violle's und fast aller andern Forscher auf diesem Gebiete nur mit Misstrauen aufzunehmen sind, und eine gründliche Revision ihrer Rechnungen, soweit dies noch möglich, durchaus nötig sei. Hierauf giebt er die Entwickelung eines Verfahrens zur korrekten Berechnung der Absorption des Lichtes in der Atmosphäre unter der Annahme, dass deren Grösse durch die Masse des absorbierenden Mediums bedingt ist.

Die Hauptsätze über die Temperaturverteilung in der Erdatmosphäre hat Prof. W. Köppen in folgender Weise zusammengefasst,[1]) die in einigen Punkten von der bis jetzt gebräuchlichen abweicht.

I. Hauptsätze über die horizontale Temperaturverteilung auf der Erdoberfläche.

Neun grosse Prinzipien sind es hauptsächlich, welche diese Verteilung im horizontalen Sinne bestimmen.

A. Wirkungen der Unterschiede in der Sonnenstrahlung.

1. Das Jahresmittel der Temperatur nimmt vom Äquator nach den beiden Polen ab, wegen der abnehmenden Summe der Sonnenstrahlung.

2. Die jahreszeitlichen Unterschiede in der Temperatur nehmen vom Äquator nach den Polen zu, weil die jahreszeitlichen Unterschiede in den zugestrahlten Wärmemengen in derselben Richtung wachsen.

Ihren einfachsten numerischen Ausdruck erhalten diese zwei Sätze durch die folgenden mittlern Temperaturen der Breitegrade (Mittel aus den beiden Berechnungen von Spitaler und Batchelder):

Geographische Breite		0	10	20	30	40	50	60	70	80°
Nördliche Halbkugel	Jahr	26.2	26.7	25.3	20.3	14.0	5.7	— 1.0	—10.0	—16.7
	Januar	26.4	25.8	21.9	14.6	4.9	— 7.0	—15.8	—26.0	—33.5
	Juli	25.6	26.9	28.3	27.3	24.0	18.1	14.0	7.0	1.8
	Differ.	0.8	1.1	6.4	12.7	19.1	25.1	29.8	33.0	35.3
Südliche Halbkugel	Jahr	26.2	25.3	23.0	18.4	12.0	5.6	— 0.6	—	—
	Januar	26.4	26.3	25.4	21.8	15.6	8.3	1.6	—	—
	Juli	25.6	23.9	20.0	14.1	9.0	2.9	(— 3.8)	—	—
	Differ.	0.8	2.4	5.4	7.2	6.6	5.4	(5.4)	—	—

In diesen Zahlen sind aber auch die Wirkungen des verschiedenen Raumanteiles von Land und Wasser mit enthalten, entsprechend den Sätzen 4 und 5.

3. Die Beeinträchtigung der Strahlung durch Bewölkung wirkt am Tage, im Sommer und in niedriger Breite abkühlend, in der Nacht, im Winter und in hohen Breiten erwärmend. An ganz trüben Tagen weicht die Lufttemperatur durchschnittlich um folgende Grössen vom Mittel der ganz heitern Tage ab:

	um 3 Uhr nachm. im Sommer	um 6 Uhr morgens im Winter
in St. Petersburg	—7°	+16°
in Tiflis	—8°	+ 6°

[1]) Köppen, Klimalehre. Leipzig 1899. — Meteorologische Zeitschrift 1900. p. 183.

B. Wirkungen der thermischen Verschiedenheit von Wasser und Land.

4. Die Abnahme des Jahresmittels der Temperatur vom Äquator zum Pol ist grösser über dem Lande, als über dem Wasser, wegen der Beweglichkeit des Wassers und seiner grössern Befähigung zur Aufspeicherung der Wärme. Die Oberfläche des Wassers ist durchschnittlich in niedern Breiten etwas kühler, in höhern bedeutend wärmer, als die unterste Luftschicht, besonders bei Lufttemperaturen unter Null über offenem Wasser.

Nach einer Berechnung, die Zenker auf theoretischer Grundlage mit Hilfe von Erfahrungskonstanten durchgeführt hat, und die sich den beobachteten Werten befriedigend anschliesst, ist die Normaltemperatur der untersten Luftschicht im Landklima (L) und Seeklima (S):

Breite	0	10	20	30	40	50	60	70	80	P.
L . . .	34.6	33.5	30.0	24.1	15.7	5.0	— 7.7	— 19.0	— 24.9	— 26.1
S . . .	26.1	25.3	22.7	18.8	13.4	7.1	0.3	— 5.2	— 8.2	— 8.7

5. Aus denselben Ursachen ist der Temperaturunterschied der Jahres- und Tageszeiten auf dem Lande grösser als auf dem Meere, und verspäten sich die Wendepunkte der Jahresperiode auf dem letztern. In derselben Breite von ca. 60° N ergeben sich im Durchschnitte von neun Stationen in Sibirien die mittlern Monatstemperaturen der Reihe L, in jenem von fünf Inselstationen auf dem Atlantik die der Reihe S, beide in ganzen Graden:

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oktober	Nov.	Dez.
L . .	— 29	— 24	— 15	— 4	6	16	19	15	8	— 4	— 19	— 27°
S . .	4	4	4	6	8	11	12	12	11	8	6	5°

Stellt man die Mitteltemperaturen des wärmsten und kältesten Monates einiger Orte Europas und Asiens zusammen, die ungefähr auf 52° nördl. Br. liegen, so erkennt man die stetige Zunahme der Winterkälte und der Sommerwärme von der Westküste nach dem Innern des Festlandes deutlich. Der Unterschied dieser Monate nimmt auf dieser Strecke von 8 auf 52° zu.

	Valentia (Irland)	Münster (Westf.)	Warschau	Orenburg	Irkutsk (490 m)	Nertschinsk (600 m)
Januar .	7.3	1.3	— 4.3	— 15.3	— 20.8	— 33.6
Juli . .	15.1	17.3	18.7	21.6	18.4	18.2

6. Gegen abkühlende Einflüsse verhält sich mit hinreichend dickem Eis bedecktes Wasser wie Land und zeigt mit Schnee bedecktes Land die Eigenschaften des Landes in erhöhtem Masse. Gegen Erwärmungen hingegen, die über den Gefrierpunkt hinausführen, verhalten sich beide noch stumpfer, als Wasser.

C. Wirkungen der Winde und Meeresströmungen.

7. Die Bewegung der Luft wirkt, auch wo sie nicht überwiegend nach einer Richtung geschieht, auf die durch Unterschiede in der Ein- oder Ausstrahlung erzeugten Temperaturunterschiede mässigend ein. Durch die vorherrschenden Winde werden diese Temperaturverhältnisse in deren Richtung verschoben: Winde von der Polarseite des Horizontes bringen die Kälte, solche von der Äquatorialseite die Wärme in andere Breiten, landeinwärts wehende Winde bringen das Seeklima auf das Land, seewärts wehende das Landklima auf die See.

Die Richtung, aus der die durchschnittlich wärmsten und kältesten Winde kommen, stellt sich deshalb verschieden, und zwar nach Hann so:

Richtung		NW-Europa	Deutschland	Mittel-Russland	W-Sibirien	O-Asien	Östliche Union
Winter .	kältester	ONO	NO	NNO	N	NW	NNW
	wärmster	SW	SW	SSW	SSW	SSO	SSO
Sommer .	kältester	NNW	NNW	NW	NNW	—	NO
	wärmster	SO	SO	SO	SSO	—	SSW

Der Unterschied beträgt im Winter in Westsibirien 11°, in Deutschland 7°, in NW-Europa nur 5.5°; im Sommer allgemein 3—4.5°. Sehr gemildert wird er dort, wo nach der Seite der kältesten Winde ein Gebirge liegt oder ein Wasserbecken, das sie vorwärmt; so ist z. B der erwärmende Einfluss der Ostsee auf den NO in Hamburg oft bemerkbar.

Wegen des Vorherrschens der westlichen Winde in den gemässigten Zonen haben die Orte gleicher Breite in Westsibirien ein weniger kontinentales Klima, insbesondere geringere Jahresschwankung der Wärme als Nikolajewsk, obwohl erstere recht im Zentrum des alten Kontinentes, letzteres an der Ostküste Asiens liegt.

8. Ebenso verschieben die Meeresströmungen die Temperaturverhältnisse in der Richtung ihrer Bewegung: polwärts fliessende sind relativ warm, äquatorwärts fliessende oder aus der Tiefe aufgestiegene Wassermassen sind kalt und beeinflussen auch die auf ihnen liegende Luft in gleichem Sinne.

Die Luft über den warmen Meeresströmungen — dem Golfstrome, Kuro Siwo, Brasilien- und Agulhas-Strom — ist relativ zur Breite warm, die über den kalten Strömen und dem emporquellenden Küstenwasser an den Küsten von Peru und Südwestafrika relativ kalt. Aber die Wirkung dieser Ströme pflanzt sich, besonders im Gebiete der starken westlichen Winde, ganz ungleichseitig fort, die des Golfstromes z. B. nach Europa, nicht nach dem so viel nähern Nordamerika.

9. Die Behinderung der Winde durch Gebirge erteilt dem Klima lokale Wärmeeigenschaften: ist die Behinderung allseitig, so kann die Strahlung, besonders die Ausstrahlung, unbehindert ihre Wirkung entfalten (Thalklima); ist sie nur von der kältern, polaren und Landseite gegeben, so kann die mittägliche Exposition oder das warme Meer oder beides seine wärmende Wirkung ausüben (Winterkurorte). Kommt ein bedeutender Luftdruckunterschied zwischen beiden Seiten des Gebirges zustande, so wirkt derselbe dahin, dass die Luft auf der Seite des niedrigen Druckes stürmisch herabgezogen wird und hier als trockener und, je nach ihrem Ursprunge, heisser oder kalter Wind (Föhn, Bora) empfunden wird.

Die Sätze 1—5 sind an den Isothermenkarten leicht zu illustrieren.

II. Verteilung der Temperatur nach der Höhe.

In den bisher betrachteten Fällen entsprach im grossen und ganzen überall der stärkern Sonnenstrahlung höhere Lufttemperatur, zwar mit manchen Verschiebungen, Skalenänderungen u. s. w., aber doch ohne Umkehrung. Ganz anders bei der vertikalen Verteilung beider; hier ist der Gegensatz Regel. Je höher wir uns in die Atmosphäre erheben, desto intensiver wird die Kraft der Sonnenstrahlen, weil sie um so weniger von den Schirmwirkungen der Atmosphäre beeinträchtigt ist; und dennoch desto niedriger wird in der Regel die Lufttemperatur. Und zwar ist ihre Änderung in vertikaler Richtung weit schneller, als in horizontaler. Eine Erhebung um 1 *km* bringt durchschnittlich eine Temperaturerniedrigung von 4 — 8° hervor, also ebenso viel, wie eine Annäherung an den Pol um etwa 10 Breitengrade oder mehr als 1000 *km*.

Es wirken mehrere Ursachen bei diesem Ergebnisse zusammen. Bestimmend für die Grösse der Temperaturabnahme mit der Höhe sind vor allem drei:

1. Beim Auf- oder Absteigen ändert sich der Druck, unter dem die Luft steht; jedes Gas aber erwärmt sich bei zunehmendem Drucke und kühlt sich bei abnehmendem Drucke ab; die Grösse der Temperaturänderung beträgt für trockene Luft 10° für jedes Kilometer Höhenänderung.

2. In feuchter Luft führt aber diese Abkühlung nach einiger Zeit zur Ausscheidung eines Teiles des Wassers in Tropfenform (Wolken); die

dabei freiwerdende Wärme verlangsamt die Abkühlung bei weiterem Aufsteigen etwa auf die Hälfte. Umgekehrt bringen herabfallende Wassertropfen niedrigere Temperatur von oben mit und erzeugen auch durch Verdunstung Kühle.

Die in diesen beiden Sätzen ausgesprochene Temperaturänderung in auf- oder absteigenden Luftmassen ist nur eine Umsetzung der Energie aus der Wärmeform in die Form der Disgregation und umgekehrt, ohne notwendig mit einem Übergange von Energie auf andere Massen oder deren Zufuhr von aussen verbunden zu sein, wie dies doch bei den in den vorigen Paragraphen betrachteten Erscheinungen stets der Fall war.

3. Da die Neigung zu vertikalen Bewegungen um so grösser ist, je schneller die Temperatur nach oben abnimmt, dagegen das Gleichgewicht stabil ist, wenn die Luft oben wärmer oder doch wenig kälter ist als unten, so sind die letztern Zustände langdauernd, die erstern vorübergehend, und ist im Mittel daher die vertikale Temperaturänderung nicht 10°, sondern nur 4—5° pro Kilometer.

Diese Ursachen würden in einem blossen Gasballe ohne festen Kern ebenso wirken, wie in der Atmosphäre der Erde und wahrscheinlich auch der Grösse nach eine ähnliche Temperaturabnahme nach der Peripherie hin bewirken. Die absolute Höhe aber der Temperatur wird in der Erdatmosphäre vorzugsweise bestimmt durch

4. diejenige Temperatur, bei welcher auf der festen oder flüssigen Erdoberfläche ein Gleichgewicht zwischen Einnahme und Ausgabe der Wärme stattfindet. Und diese Prozesse, deren fundamentalster die Strahlung ist, die ihren Hauptsitz an der festen Erdoberfläche hat, wirken modifizierend auch auf die vertikale Wärmeverteilung in der Luft ein. Infolge ihrer ist diese Verteilung in Gebirgen nicht dieselbe, wie in der freien Atmosphäre.

Über die letztere sind wir nur sehr unvollkommen unterrichtet, da die bisherigen Hilfsmittel nicht gestatten, ununterbrochene Aufzeichnungen aus der freien Atmosphäre zu erhalten. Vielleicht wird dieses jetzt mit Hilfe der Drachen anders werden. Die zahlreichen Ballonfahrten Glaisher's in den Jahren 1862–1865 in Höhen von 5—8000 *m* und die neuern Aufstiege unbemannter Ballons in Höhen von 10000—18450 *m* haben eine Verlangsamung der Temperaturabnahme in den obern Schichten ergeben; allein bei allen diesen Fahrten mit Ausnahme der Nachtfahrten, waren die Thermometer nicht ausreichend gegen den Einfluss der in diesen Höhen und bei der relativen Windstille im Ballon sehr starken Sonnenstrahlung geschützt; dagegen haben die von Berlin 1893 — 1894 unternommenen Fahrten in Höhen von 4000 — 9150 *m*, bei denen dieser Schutz genügend war, in den obern Schichten eine noch etwas stärkere Temperaturabnahme (7° per Kilometer) ergeben, als in den untern (6°).

Im Gebirge wächst die vertikale Temperaturabnahme im allgemeinen mit der Steilheit der Abhänge. Auf Plateaus und schwach geneigten Bodenschwellen verschwindet sie oftmals gänzlich. In den obern, steilern Teilen der Gebirge nähert sie sich dagegen sehr den Verhältnissen der freien Atmosphäre. Vergleicht man nur Stationen auf Berggipfeln oder Steilhängen miteinander, so erhält man 6.5° für jede 1000 *m*, als normale Temperaturabnahme, die in Europa im Januar auf 5 — 6° sinkt, im Mai oder Juni auf 7 — 8° zunimmt. Nur im Innern von Hochdruckgebieten wird sie auch hier viel geringer.

Geringer ist die Temperaturabnahme, wenigstens im Winter, wenn man Thäler mit Höhen vergleicht.

In den europäischen Gebirgen ist sie durchschnittlich am langsamsten im Dezember, wo sie nur 3—4° pro Kilometer, am schnellsten im Mai, wo sie ca. 7° pro Kilometer beträgt. In der Höhe ist also der jährliche Temperatur-

gang geringer als unten und verspätet. — Eigenschaften, in denen das Höhenklima mit dem Seeklima übereinstimmt. Anders dort, wo an eine Küste oder ein Tiefland mit sehr limitiertem Klima an ein trockenes Plateau grenzt; in solchen Fällen ist die Temperaturabnahme im Sommer kleiner als im Winter; so im NW-Himalaya, in Chile und in SW-Afrika, wo das hochgelegene Innere im Sommer wärmer als die Küste ist. In grössern Höhen der freien Atmosphäre nimmt indessen der Unterschied der Jahreszeiten wohl überall ab; in Europa dürfte er in 10000 *m* Höhe fast Null sein. Noch weit schneller verschwindet natürlich die tägliche Temperaturschwankung. In klaren Nächten, wo der Boden stark ausstrahlt, ist in der That Zunahme der Wärme nach oben für die untern 30 *m* vor Sonnenaufgang selbst im Sommer normal. An Abhängen fliesst dabei die erkaltete, schwerere Luft herab, in Thalkesseln sammelt sie sich an. Daher sind letztere Früh- und Spätfrösten viel mehr ausgesetzt, als Kuppen und Hänge mit guter »Luftdrainage«. Im grossen findet dasselbe in Hochdruckgebieten mit heiterem Himmel im Winter statt.

Während in der Atmosphäre gewöhnlich die Temperatur (ebenso wie im festen Erdboden, nur langsamer) mit der Entfernung vom Erdmittelpunkte abnimmt, ist in den Meeren und Seen die umgekehrte Verteilung die Regel. Die Dichtigkeit nimmt mit abnehmender Temperatur beim süssen Wasser bis 4° zu, beim Meerwasser sogar bis unter dessen Gefrierpunkt, der bei — 2.2° liegt; infolgedessen sinkt Wasser, das an der Oberfläche erkaltet, in die Tiefe. Flüssigkeiten ändern aber ihre Temperatur bei Änderungen des Druckes fast gar nicht, die kalten Wassermassen sammeln sich daher in der Tiefe an. Die Erwärmung durch die Sonnenstrahlen ist dagegen von viel beschränkterem Einflusse, weil die warmen Wassermassen an der Oberfläche bleiben; erst die damit verbundene Verdunstung, die ihren Salzgehalt und damit ihre Dichtigkeit steigert, lässt sie bis zu einer gewissen Tiefe hinabsteigen. Die Folge ist, dass isolierte Wasserbecken in der Tiefe das ganze Jahr hindurch ungefähr die Temperatur zeigen, die ihre Oberfläche in der kältesten Jahreszeit annimmt, während in den grossen Weltmeeren die kalten Wassermassen der hohen Breiten in der Tiefe sich bis zum Äquator bewegen und hier unter der Linie selbst sich schon von etwa 1000 *m* Tiefe an bis zum Grunde Temperaturen zwischen 0° und 4° finden, wo die Oberfläche 26 — 28° aufweist.

Durch den verschiedenen Salzgehalt werden diese Verhältnisse allerdings in mannigfaltiger Weise modifiziert, worauf wir hier nicht näher eingehen können.«

Die Änderungen des vertikalen Temperaturgradienten mit der Höhe ist von W. von Bezold in seiner fünften Mitteilung zur Thermodynamik der Atmosphäre: »Die klimatologische Bedeutung der Lehre von den auf- und absteigenden Luftströmen,« behandelt worden.[1]) Aus dieser grossen Abhandlung giebt A. Coym einen sehr lichtvollen Auszug,[2]) der das Folgende enthält:

Zunächst wird gezeigt, wie sich die Temperaturabnahme mit der Höhe gestaltet, wenn sie allein durch adiabatisch, bezw. pseudoadiabatisch auf- und absteigende Luftströme hervorgerufen würde. Dann ergeben sich die Mitteltemperaturen der einzelnen Luftschichten einfach als das Mittel aus den Temperaturen der über einem Punkte der Erde adiabatisch, bezw. pseudoadiabatisch aufsteigenden und adiabatisch niedersinkenden Ströme.

---

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuss. Akademie Berlin 1900.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1900 p. 382.

Hat man über dem Orte zuerst einen adiabatisch, bezw. pseudoadiabatisch aufsteigenden Luftstrom, so wird bis zu den Höhen, in denen sich die Luft noch im Trockenstadium befindet, die vertikale Temperaturabnahme ungefähr 1° auf 100 *m* Erhebung betragen. Sobald aber das Kondensationsstadium erreicht wird, tritt eine plötzliche Abnahme des vertikalen Temperaturgradienten ein, und dieser wird erst bei weiterer Erhebung mit wachsender Ausscheidung des Niederschlages langsam wieder zunehmen, um in den höchsten Höhen, wo aller Wasserdampf herausgefallen ist, der Grösse 1° pro 100 *m* asymptotisch zuzustreben.

Gehört aber die Luft über dem Orte einem adiabatisch, niedersinkenden Strome an, so wird der vertikale Temperaturgradient in der ganzen Höhe konstant, und zwar ungefähr gleich 1° pro 100 *m* sein.

Wenn sich nun die Luft zuerst in einem aufsteigenden und dann eben so lange in einem adiabatisch absteigenden Luftstrome befindet, so wird der mittlere vertikale Temperaturgradient für diese ganze Zeit in einer bestimmten Höhe einfach dargestellt durch das Mittel der beiden Werte, wie sie für die betreffende Erhebung oben gefunden wurden. Er wird demnach unter diesen Voraussetzungen qualitativ denselben Verlauf zeigen wie bei dem aufsteigenden Luftstrome.

Da nun die in der Natur über einem Orte auf- und absteigenden Luftmassen sehr verschiedene Anfangstemperaturen und sehr wechselnden Feuchtigkeitsgehalt haben, so wird die Kondensation beim Aufstiege in sehr ungleichen Höhen eintreten, und deshalb wird der mittlere Temperaturgradient, den man unter Berücksichtigung sehr vieler solcher Ströme ableitet, in keiner Höhe eine plötzliche Abnahme zeigen. Vielmehr wird man folgenden Gang für die mittlere vertikale Temperaturabnahme mit der Höhe erhalten: In den untersten Schichten wird sie ziemlich gross sein (fast 1° pro 100 *m* Erhebung), in der Region der häufigsten und kräftigsten Wolkenbildung (2000—4000 *m*) allmählich ein Minimum erreichen, oberhalb dieser Schichten wieder zunehmen und in ganz grossen Höhen den Wert 1° pro 100 *m* erreichen.

Wie weit nun dieses aus dem Zusammenwirken solcher auf- und absteigenden Luftströme für den mittlern vertikalen Temperaturgradienten abgeleitete Bild mit dem aus direkten Beobachtungen gewonnenen übereinstimmt, ersieht man am besten aus nachstehender Tabelle.

Mittlere Temperaturabnahme auf je 100 *m* Erhebung.

	I		II	
Zwischen	$-\Delta t$	n	$-\Delta t'$	n'
0—1000 *m*	0.50	67	0.61	59
1000—2000	0.50	62	0.54	58
2000—3000	0.54	46	0.54	46
3000—4000	0.53	41	0.54	39
4000—5000	0.64	24	0.64	24
5000—6000	0.69	14	0.69	14
6000—7000	0.68	6	0.68	6
7000—8000	0.67	5	0.72	5
8000—9000	0.90	2	0.90	2

Diese Tabelle ist aus den bei den Berliner Ballonfahrten gewonnenen Zahlen abgeleitet. In ihr bedeuten Δt und $\Delta t'$ die Werte der Temperaturabnahme für je 100 *m*, n und n' die Anzahl der Fahrten, aus denen diese Werte abgeleitet sind. Hierbei sind unter I die Ergebnisse aller Fahrten zu Grunde gelegt worden, während bei den unter II zu findenden mit $\Delta t'$ und n' bezeichneten Zahlen jene Fahrten ausgeschlossen sind, bei welchen starke Temperaturumkehr beobachtet wurde.

Besonders die unter $\Delta t'$ stehenden Zahlen zeigen nun die starke Zunahme des Temperaturgefälles in grossen Höhen mit steter Annäherung an den theoretischen Wert für die adiabatische Zustandsänderung feuchter Luft. Auch die Verlangsamung der Temperaturabnahme in den Schichten grösster Kondensation lassen die Zahlen deutlich erkennen. Aber die raschere Abnahme in den untersten Schichten, wie sie eintreten müsste, wenn man es allein mit adiabatischen Vorgängen zu thun hätte, tritt nur in den unter $\Delta t'$ angegebenen Werten schwach hervor, also nur bei Ausschluss aller Fahrten mit Temperaturumkehr, sonst aber keinesfalls.

Die mittlere vertikale Temperaturverteilung in den untersten Schichten lässt sich mithin aus dem Spiele adiabatisch auf- und absteigender Ströme allein absolut nicht erklären. Hier müssen vielmehr noch Vorgänge von massgebendem Einflusse sein, die eine Abkühlung der untern und eine Erwärmung der obern Schichten zur Folge haben. In diesem Sinne wirken nun die Ein- und Ausstrahlung an der Erdoberfläche. Zu Zeiten überwiegender Einstrahlung erwärmen sich zwar die untern Schichten; ihre Temperaturerhöhung gegenüber den obern darf aber eine bestimmte Grösse nicht überschreiten, wenn das Gleichgewicht ein stabiles bleiben soll, während zu Zeiten überwiegender Ausstrahlung der Temperaturerniedrigung am Erdboden keine Grenze gesetzt ist. Diese beiden Umstände müssen die mittlere Temperaturabnahme mit der Höhe für die untern Schichten verkleinern. Die Erdoberfläche spielt somit in den untersten Schichten eine ähnliche Rolle wie die Kondensation in den mittlern Höhen.

Die wesentlichsten Eigentümlichkeiten der Temperaturverteilung in der vertikalen Säule in den mittlern und hohen Teilen der Atmosphäre lassen sich mithin schon aus dem blossen Zusammenwirken von adiabatisch oder pseudoadiabatisch auf- und absteigenden Luftströmen ableiten. In den untersten Schichten kommt aber die Erwärmung und Entwärmung der Erdoberfläche wesentlich mit in Betracht.

In dem letzten Teile der Arbeit wird der Einfluss der zusammengesetzten Konvektion auf die Mitteltemperaturen der Breitenkreise untersucht. Unter zusammengesetzter Konvektion versteht der Verf. den Wärmetransport von einem Orte zum andern durch Luft unter Mitwirkung der Änderung des Aggregatzustandes. Einen solchen Prozess im grossartigsten Massstabe beobachtet man bei dem Luftaustausche zwischen der Kalmenzone und den sie begrenzenden Gürteln hohen Luftdruckes. Die Wärmemengen, die bei der Verdunstung in der Kalmenzone in dem dort aufsteigenden Strome gebunden werden, müssen den Gegenden, in denen dieser hinabsteigt, also den Rossbreiten, zu Gute kommen. Man muss in diesen Breiten mithin höhere Temperaturwerte antreffen, als man nach dem solaren Klima erwarten sollte. Die Temperaturabnahme vom Äquator nach jenen Gegenden wird demnach eine sehr geringe sein. Diese theoretischen Schlussfolgerungen stimmen nun auch mit den Beobachtungen gut überein, wie der Verf. an einer Tabelle der Mitteltemperaturen der Breitenkreise nachweist, in der aber nicht die Breite selbst, sondern der Sinus derselben als Argument gewählt worden ist. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass die Zahlen das gleiche Gewicht haben, indem sie nach Zonen gleichen Flächeninhaltes weiterschreiten. In dieser Tabelle fällt nun besonders die geringe Abnahme der Mitteltemperaturen vom Äquator zu den Rossbreiten hin auf, die eben teilweise auf die zusammengesetzte Konvektion zurückgeführt werden muss. Natürlich tragen die Bewölkungsverhältnisse auch noch dazu bei, die Temperaturen in der Kalmenzone herabzudrücken und in den sie begrenzenden Gürteln zu erhöhen. Eine Trennung und gesonderte Untersuchung dieser beiden Einflüsse ist aber heute noch nicht möglich, und es ist auch die Zeit noch nicht abzusehen, in der der weite Weg bis zu diesem Ziele zurückgelegt werden kann.

Die Temperatur der freien Atmosphäre bildete den Gegenstand einer wichtigen Arbeit von Prof. H. Hergesell,[1]) wovon Folgendes einer Wiedergabe des Hauptinhaltes.

a) Der tägliche Gang der Temperatur. Schon die Beobachtungen an Bergstationen über den Gang der Temperatur zeigten mit wachsender Höhe eine stetige Abnahme der Amplitude und eine Verschiebung der Eintrittszeiten der Extreme und machten den Schluss wahrscheinlich, dass in der freien Atmosphäre, wo sämtliche Einwirkungen der Erdoberfläche so gut wie ganz verschwunden sind, eine noch weiter gehende Verflachung der täglichen Temperaturschwankung eintreten werde. »Zwei Höhenstationen machten es besonders in die Augen fallend, wie mächtig der Einfluss des Erdbodens auf die nächsten Luftschichten ist, und zeigten evident, dass das Phänomen des täglichen Ganges der Temperaturwelle, wie es durch die Bodenstationen festgelegt wird, eigentlich nur eine ganz lokale Erscheinung ist, die mit der grossen Masse der ganzen Atmosphäre so gut wie nichts zu thun hat und lediglich an die Grenzflächen des festen und gasförmigen Mediums gebunden ist. Es sind dieses die Beobachtungsstationen auf der Spitze des Eiffelturmes in Paris und des Strassburger Münsters. Ihre Beobachtungen sind besonders deshalb wertvoll, weil man annehmen kann, dass dieselben schon angenähert die Verhältnisse der unbeeinflussten Atmosphäre darstellen werden, da die Einwirkungen der schlanken und durchbrochenen Türme unmöglich gross sein können.«

Es ergiebt sich aus dem dreijährigen Mittel (1892—1894), »dass die tägliche Temperaturwelle sich mit zunehmender Höhe schnell verflacht, und zwar derart, dass die Eintrittszeiten der Extremtemperaturen sich mehr und mehr verspäten, je höher die Luftschicht über dem Erdboden lagert.«

Die Temperaturbeobachtungen im Strassburger Fesselballon am 8. Juni 1898 ergaben das wichtige Resultat, dass in den Schichten der freien Atmosphäre, deren Höhe einige 100 *m* beträgt, die Temperatur einen äusserst geringen Gang besitzt. In den Nachtstunden beträgt dieselbe, schon in der Einzelwelle, kaum einige Zehntel Grad, in den Tagstunden kann eine Schwankung von einigen Grad (3—4°) noch in 800 *m* eintreten, wenn die Einstrahlung der Sonne ungehindert wirkt. An trüben Tagen und im Mittel sinkt die Tagesamplitude auf noch geringere Werte.

»Den täglichen Gang für noch grössere Höhen durch direkte Beobachtungen zu studieren, ist sehr schwierig, da die Fahrten von bemannten und unbemannten Ballons naturgemäss hierüber keinen Aufschluss geben. Wir besitzen jedoch noch ein Mittel, über die Temperaturwelle der freien Atmosphäre auch in höhern Regionen Aufschluss zu erlangen. Zu dieser Kenntnis führt die Ausnutzung der Beobachtungen von Bergstationen, und zwar nicht etwa der

[1]) Petermann's Mitteilungen 1900. p. 97.

Temperaturmessungen, sondern der Luftdruckbestimmungen. Die Temperaturen unserer Gipfelstationen sind alle, mehr oder weniger, noch durch die Einwirkungen der Bergoberfläche beeinflusst und deshalb wenig geeignet, die Grösse der täglichen Temperaturschwankung in der freien Atmosphäre zu bestimmen. Dagegen können wir die Luftdruckbeobachtungen benutzen, um den Gang dei wahren Lufttemperatur zu bestimmen. Prof. Hann, dem wir zuerst eine systematische Anwendung dieser Methode verdanken, hat die Beobachtungsreihen der meisten Hochstationen zu diesem Zwecke bearbeitet, und wir verdanken ihm hierdurch höchst wichtige Aufschlüsse über die tägliche Temperaturwelle.«

Aus den Hann'schen Entwickelungen folgt, dass der tägliche Gang der Temperatur mit wachsender Höhe eine immer einfachere Form annimmt und sich mehr und mehr einer einfachen Sinuswelle, deren Minimum, beziehungsweise Maximum in die Nähe von 6 Uhr morgens und abends fallen, nähert.

In Übereinstimmung mit diesem Verhalten steht der Trabert'sche Versuch,[1]) die Temperaturwelle in den höchsten Schichten, an der Grenze der Atmosphäre zu bestimmen.

Die Trabert'schen Darlegungen gipfeln in dem Resultate: Bis zu einer Breite von etwa 60° kreist in den obern, bis zu einem Drucke von rund 400 *mm* herabreichenden Luftschichten infolge der Absorption der Sonnenstrahlung eine Temperaturwelle, welche gegen 6 Uhr morgens ihr Minimum und 6 Uhr abends ihr Maximum erreicht und eine Amplitude von etwa einen halben Grad besitzt.

b) Die vertikale Temperaturverteilung in den untern Luftschichten der freien Atmosphäre. Die Temperaturänderung mit der Höhe in den untern Schichten der freien Atmosphäre ist eine Erscheinung von sehr wechselndem Charakter; es bedarf langer Beobachtungsreihen, um das Gesetzmässige aus dem Wechsel der Verhältnisse herauszuheben. Wie Verf. gezeigt, bieten die Temperaturbeobachtungen der Turmstationen eine gewisse Gewähr, annähernd den Bedingungen der freien Atmosphäre zu entsprechen, und er beschäftigt sich deshalb zunächst mit den Beobachtungsergebnissen der Stationen auf der Strassburger Münsterspitze und dem Eiffelturme. —

»Die Bodenkurve verläuft in den Nachtstunden stets unter der Kurve, die den höhern Schichten entspricht, und zwar hat die Erscheinung sowohl nach den Zahlen der Jahresmittel wie der Jahreszeitenmittel statt. Es sind also in den Nachtstunden die Bodenschichten stets kälter als die Höhenschichten, während in den Tagesstunden das Umgekehrte eintritt. Dass dieses Verhalten der vertikalen Temperaturverteilung mit dem Stande der Sonne, d. h. mit der Einstrahlung und Ausstrahlung in Zusammenhang zu bringen

---

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1900. p. 440 ff.

ist, darauf weist der verschiedene Gang der Kurven im Sommer und Winter hin. Im Januar, wo die Sonne nur kurze Zeit über dem Horizonte verweilt, ist die Bodenkurve in denselben Stunden, d. h. nur eine geringe Zeitspanne, über der Temperaturkurve, die der höhern Schicht entspricht, gelegen, während im Juli, entsprechend dem grossen Tagesbogen der Sonne, die Bodenkurve sich volle 16 Stunden über der Kurve der höhern Luftschicht erhält. Die geschilderte Erscheinung hängt so genau mit dem Erscheinen und Verschwinden der Sonne zusammen, dass man im stande ist, aus dem Durchschnitte der beiden Kurven, die in jedem Monate den Temperaturverlauf in den höhern und Bodenschichten angeben, die mittlere Aufgangs- und Untergangszeit der Sonne annähernd zu bestimmen. Die Temperaturdifferenz zwischen oben und unten hängt natürlich von der Höhenlage der obern Station ab. Für den Eiffelturm, wo die obere Temperaturstation 302 *m* über dem Erdboden liegt, beträgt die mittlere Temperaturabnahme im Jahresmittel (1892 bis 1894) 0.84°, während für die Münsterspitze, wo nur eine Höhendifferenz von 136 *m* vorhanden ist, beinahe dieselben Jahresmittel oben und unten sich herausstellen, weil die nächtliche Erwärmung die tägliche Abkühlung nahezu kompensiert.

»Der Grund für diese Erscheinung ist darin zu suchen, dass die nächtliche Temperaturzunahme mit der Höhe nur bis zu einer gewissen Schicht reicht, die bereits unter dem Niveau der Eiffelturmspitze liegt, und oberhalb welcher die Temperatur wiederum abnimmt, während die Temperaturabnahme am Tage im allgemeinen bis zu den höchsten Schichten andauert.

Dieser Unterschied zwischen der täglichen und nächtlichen vertikalen Temperaturverteilung weist auf die Ursache der ganzen Erscheinung hin. Wir haben in der nächtlichen Erwärmung und täglichen Abkühlung der höhern Schichten lediglich eine Wirkung der Erdoberfläche auf die unmittelbar auflagernden Luftschichten zu sehen, deren wechselnde Temperierung den Gang der Erscheinung verursacht. In der Nacht kühlt sich der Erdboden und die ihm nächsten Luftschichten durch die starke Ausstrahlung schnell und intensiv ab, während die höhern Schichten, deren Strahlung sehr gering ist, diesen Abkühlungsprozess kaum mitmachen. Sie behalten infolgedessen eine höhere Temperatur, und als Resultat ergiebt sich eine vertikale Temperaturzunahme. Am Tage geht der Prozess umgekehrt von statten. Der Erdboden ist in starkem Masse der Einstrahlung unterworfen und absorbiert so eine grosse Wärmemenge, die wiederum erwärmend auf die benachbarten Luftschichten einwirkt. Dieselben erhalten infolgedessen im Vergleiche mit den höher gelegenen Luftschichten eine höhere Temperatur, und so stellt sich eine vertikale Temperaturabnahme her, die im allgemeinen ohne Unterbrechung vom Boden bis in die höchsten Schichten verläuft.

Der Betrag der nächtlichen Erwärmung ist natürlich wechselnd, je nach der Wetterlage, oder besser nach den Bedingungen der Einstrahlung und Ausstrahlung.«

»Von grossem Interesse ist naturgemäss die Lage der Schicht, wo die Temperaturumkehrung aufhört, d. h. wo die Temperaturkurve, die die vertikale Temperaturverteilung wiedergiebt, ein Maximum hat. Es ist von vornherein klar, dass die Höhe dieser Schicht einen täglichen und jährlichen Gang zeigen muss, dass sie auch in gewisser Weise von der Bodenbeschaffenheit der Unterlage abhängen muss. Nach den Beobachtungen des Eiffelturmes sind hier folgende Verhältnisse zu konstatieren.

Im Winter beginnt die Temperaturumkehrung sich um 4 Uhr nachmittags unmittelbar über dem Erdboden zu zeigen, sie steigt auf 100 *m* um 6 Uhr abends und erreicht zwischen Mitternacht und 1 Uhr ihre höchste Lage mit 125 *m*. Nachher verliert die Luft schicht höchster Temperatur beständig an Höhe, um 7 Uhr morgens ist sie auf 100 *m*, um 9 Uhr 35 Min. vormittags auf 50 *m* gesunken und erreicht um 10 Uhr 20 Min. wieder den Erdboden. Im Sommer zeigt sich die Temperaturumkehrung am Boden gegen 4 Uhr 30 Min. nachmittags, um gegen 7 Uhr des folgenden Morgens wieder hier zu endigen. Die Schicht höchster Temperatur hebt sich in der Nacht über 300 *m*, und zwar in den frühen Morgenstunden (unmittelbar nach 6 Uhr morgens). Die Höhe wächst zunächst langsam auf 200 *m* bis gegen 2 Uhr nachts, hierauf schnell zur höchsten Höhe von 2—6 Uhr morgens.«

Die vertikale Temperaturabnahme für noch grössere Höhen (bis ca. 800 *m*) hat Prof. Hergesell durch die schon erwähnte Beobachtungsreihe im Fesselballon am 8. Juni 1898 studiert. Dieses Experiment gab zugleich in vorzüglicher Weise die Gelegenheit, den Übergang der vertikalen Temperaturschichtung während der Tag- und Nachtstunden genau zu verfolgen oder, anders ausgedrückt, die Wärmebewegung in den untern Luftschichten der freien Atmosphäre durch genaue Messung festzulegen.

Es ergab sich, »dass die Abend- und Nachtkurven durchweg Temperaturinversion bis zu ca. 200 *m* Höhe zeigen; eine allgemeine Abnahme der Temperatur tritt erst zwischen 7 und 8 Uhr morgens ein.

Bis 4 Uhr 25 Min. morgens ist in den untern Schichten bis zu einer Höhe von ungefähr 200 *m* eine Zunahme der Temperatur mit der Höhe vorhanden. Der Temperaturgradient, der diese Zunahme misst, ist am grössten in der Stunde vor Mitternacht, wo er bis 1° auf 100 *m* ansteigt. In den Stunden nach Mitternacht nimmt dieser Gradient beständig ab, um gegen 5 Uhr den Wert 0 zu erreichen.

Von diesem Zeitpunkte ab nimmt die Temperatur in den untern Schichten (unter 200 *m*) mit der Höhe beständig ab. Das Mass der Abnahme ist im allgemeinen mit den Tagesstunden wechselnd, doch ist ein relatives Maximum um 6 Uhr 25 Min. morgens auffallend,

das durch die schnelle Erwärmung der Erdoberfläche, der die freien Luftschichten nur langsam folgen, hervorgebracht wurde. Um 7 Uhr ist die Temperierung der Luftschichten bis zu 700 *m* Höhe nahezu gleichmässig geworden, da jetzt auch die mittlern Luftschichten durch die Insolation und Konvektion der erwärmten Erdoberfläche und den warm gebliebenen obern Schichten nachgefolgt sind. Von 7 Uhr 25 Min. morgens trat eine allgemeine Abnahme der Temperatur bis zu den höchsten Luftschichten mit stetig wachsenden Gradienten ein.

Die obern Schichten — über 200 *m* — zeigten in den Nachtstunden zunächst eine Abnahme der Temperatur, die mit wachsender Nacht schwächer und schwächer wurde, da die mittlern Schichten sich allmählich abkühlten. Um 3 Uhr 25 Min. morgens ging diese Abnahme durch weitere Abkühlung der untern und mittlern Schichten in eine Zunahme über, so dass von 3 Uhr 27 Min. — 5 Uhr 25 Min. morgens die ganze Luftsäule bis zu 700 *m* Höhe, von 5 Uhr 25 Min. bis ungefähr 7 Uhr morgens noch die über 200 *m* liegenden Luftschichten eine umgekehrte Temperaturschichtung aufweisen. Dieser Wechsel in der vertikalen Temperaturverteilung scheint von grosser Wichtigkeit beim Studium der vertikalen Luftbewegungen zu sein. In den Morgenstunden von 2—7 Uhr dürfte ein energisches Auftreten von vertikalen Luftströmen bis zu einer Höhe von 1000 *m* ausgeschlossen sein, da zu diesen Zeiten die Atmosphäre in vollkommen stabilem Gleichgewichtszustande ist. In den Nachtstunden sind dagegen derartige Bewegungen in den obern Schichten über 200 *m* während der Stunden vor und kurz nach Mitternacht durch die vertikale Temperaturverteilung erleichtert.«

Die Berechnung des Temperaturgradienten (für die Mittagsstunde) und zwei Höhenschichten von 2—160 und 100—300 *m* ergab folgendes:

»Der stabile Gleichgewichtszustand der Atmosphäre, der stets vorhanden ist, wenn der Temperaturgradient kleiner als 0.99° für 100 *m* ist, ist im Mittel in allen Monaten für die obere Luftschicht vorhanden, da das Temperaturgefälle bei weitem nicht die oben gegebene Grenzzahl 0.99° erreicht. Dagegen ist in der Bodenschicht (zwischen 2 und 160 *m*) auch im Mittel sehr oft der labile Gleichgewichtszustand vertreten, bei welchem die Temperaturabnahme grösser als 1° für 100 *m* ist.

Diese Bodenschicht muss demgemäss ein beständiges Spiel von auf- und absteigenden Bewegungen zeigen; bemerkenswert ist jedoch, dass diese Unstetigkeitszone nur eine geringe Höhe hat und in den seltensten Fällen 300 *m* übersteigen dürfte.«

c) Die vertikale Temperaturverteilung in den mittlern und höhern Luftschichten. Die Berechnung derselben fusst lediglich auf dem Beobachtungsmateriale, welches die Ballonfahrten geliefert haben. Hergesell giebt zunächst zwei Tabellen, welche die vertikale Temperaturverteilung in einem barometrischen Minimum

und in einem barometrischen Maximum illustrieren. Diese Tabellen folgen hier:

Vertikale Verteilung der Temperatur
in einem barometrischen Minimum (14. März 1893) nach Berson.

Schicht	mittlere Höhe	mittlere Temperatur	Temp.-Abnahme für 100 *m*
Erde	35	8.7	0.25
0—500	314	8.0	0.37
500—1000	784	6.3	0.32
1000—1500	1165	5.1	0.70
1500—2000	1720	1.2	0.39
2000—2500	2292	— 1.1	0.63
2500—3000	2697	— 3.7	0.62
3000—3500	3212	— 6.9	0.58
3500—4000	3695	— 9.7	0.59
4000—4500	4315	— 13.3	0.81
4500—5000	4690	— 16.4	0.80
5000—5500	5346	— 21.6	0.81
5500—6000	5661	— 24.2	0.92

Vertikale Verteilung der Temperatur
in einem barometrischen Maximum (5. November 1898) nach Hergesell.

Höhe über N. N.	Temperatur	Gradient für 100 *m*	
Boden (144 *m*)	2.3	—	
200 *m*	2.5	+ 0.10	Temperaturzunahme
400 »	2.8	+ 0.15	
600 »	3.1	+ 0.15	
800 »	3.8	+ 0.35	
1000 »	6.6	+ 0.40	
1200 »	7.9	+ 0.65	
1500 »	6.7	— 0.40	
2000 »	3.5	— 0.64	
2500 »	2.0	— 0.30	
3000 »	— 0.8	— 0.56	
3500 »	— 3.8	— 0.98	

Hiernach ist die Temperaturverteilung in einem barometrischen Maximum von der eines Minimums durchaus verschieden. In den untern Schichten findet eine scharfe Temperaturzunahme statt (die in dem betrachteten Falle bis über 1200 *m* reicht), darüber hinaus nimmt die Temperatur zunächst langsam, dann immer schneller mit der Höhe ab.

Hergesell giebt nun die Ergebnisse der Temperaturverteilung nach den Aufzeichnungen in 30 Fahrten von Registrierballons, bei welchen ein und dasselbe Instrumentarium zur Verwendung gelangte, die also aus diesem Grunde ein durchaus homogenes Beobachtungsmaterial liefern müssen. Es wurden nur diejenigen Fahrten bearbeitet, bei welchen der Thermometerkörper frei dem ventilierenden Luftstrome ausgesetzt war.

Ausser den Beobachtungen vermittelst Registrierballons wurden auch die Messungen einiger bemannter Fahrten, auf welchen besonders grosse Höhen erreicht wurden, benutzt.

»Die Temperaturen der (vom Verf. zusammengestellten) Tabelle geben die Temperaturen in Höhenstufen von 500 zu 500 *m*.

Dieselben erweisen sofort, dass die Atmosphäre in allen Niveaus bis zu 10000 *m* hinauf einer äusserst wechselnden Temperierung unterworfen ist. Nicht nur die untern Schichten zeigen je nach der Jahreszeit und Wetterlage ein bedeutendes Schwanken der Temperaturzahlen, auch in den höchsten Schichten ist ein beständiger Wechsel der Wärmeverhältnisse vorhanden.

Betrachten wir zunächst das Niveau von 5000 *m*, so finden wir hier im einzelnen folgende Thatsachen: Die höchste Temperatur, die in dieser Höhe in dem Zeitraume vom 26. Oktober 1895 bis zum 3. Oktober 1899 beobachtet wurde, betrug — 6°, die tiefste Temperatur wurde zu St. Petersburg mit — 45° ermittelt. Wir haben also in dieser Höhe noch eine absolute Temperaturschwankung von 39° zu verzeichnen. In 7000 *m* betrug die höchste beobachtete Temperatur — 17.5°, die tiefste — 59°, die absolute Schwankung 41.5°, in 10000 *m* endlich ergab sich als Maximaltemperatur — 36° und als Minimaltemperatur — 83°, so dass für diese grosse Meereshöhe sogar eine Schwankung von 47° herauskommt. Diese Zahlen zeigen, dass von einer ausgesprochenen Abnahme der Temperaturamplitude mit der Höhe innerhalb der Schichten, die bei den Fahrten erreicht wurden, keine Rede sein kann.

Die Atmosphäre zeigt demgemäss in allen Höhenlagen bis zu 10000 *m* Temperaturschwankungen, die innerhalb eines dreijährigen Zeitraumes in sämtlichen Niveaus den Betrag von 40° erreicht oder überschritten haben. Von einer Abnahme der Grösse der zeitlichen Temperaturamplitude lassen die Zahlen der Tabelle nichts erkennen, sie scheinen eher das Gegenteil anzudeuten.

Ob die grossen Temperaturschwankungen, die im Laufe der Zeit auch in den höchsten uns erreichbaren Schichten auftreten, an einen gewissen regelmässigen jährlichen Gang gebunden sind, oder ob sie regellos, je nach den verschiedenen Wetterlagen, auftreten, ist eine interessante, schwierige Frage. Die Wahrscheinlichkeit spricht natürlich für die Existenz eines jährlichen Ganges, auch in den höchsten Luftschichten.

Der französische Meteorologe Teisserenc de Bort hat einen wichtigen Beitrag[1]) zur Entscheidung dieser Frage geliefert. Es ist ihm gelungen, im Verlaufe von noch nicht ganz 15 Monaten in kurzen Zwischenräumen 90 Registrierballons emporzusenden, die fast ausnahmslos wieder gefunden wurden.

Die Diskussion des auf diese Weise erhaltenen Beobachtungsmateriales hat, was die zeitlichen Temperaturschwankungen betrifft, nicht nur ähnliche Resultate wie die oben ausgesprochenen zu Tage gefördert, sondern auch gewisse Schlüsse auf den jährlichen Gang in den höhern Schichten erlaubt.

Darnach findet man die Isotherme 0° in den verschiedensten Höhen. Bald ist sie in der Nähe des Erdbodens, bald ist sie, wenn

[1]) Compt. rend. 1899. 21. August 1899.

überall Kältegrade herrschen, gar nicht vorhanden, bald muss man auf 4000 *m* Höhe ansteigen, um sie aufzufinden. Die Temperaturfläche —25° ist ebenso grossen Höhenänderungen unterworfen. Während sie im Winter auf 3000 *m* herabsteigt, erhebt sie sich im Sommer zu 7000 *m*, ja im September wurde sie sogar höher als 8000 *m* gefunden. Im Verlaufe von 16 Monaten zeigte sie eine Höhenänderung von 5000 *m*.

Die Isotherme —40° senkte sich in demselben Zeitraume mehrmals bis zu 6000 *m*; ihre normale Höhe, die jedoch oft überschritten wurde; scheint 9000 *m* zu sein.

Die Temperaturfläche von —50° endlich stieg niemals unter 8000 *m*. Ihre grösste Höhe wurde im September 1898 konstatiert, wo sie erst im Niveau von 12000 *m* aufgefunden wurde. Sie zeigt also eine Höhenschwankung von mindestens 4000 *m*.

Der Verlauf der Kurven weist vor allem darauf hin, dass in den höchsten Schichten die Wirkung eines jährlichen Ganges zu bemerken ist. Die höchsten Temperaturen scheinen in den obern Regionen am Ende des Sommers, die tiefsten gegen Ende des Winters einzutreten, jedoch wird diese regelmässige Erscheinung durch plötzliche Temperaturschwankungen oft gestört, die innerhalb kurzer Zeit schnelle Verlagerungen der isothermen Flächen hervorrufen. So fand sich beispielsweise die Isotherme —40°, die am 14. März 1899 in 8500 *m* Höhe lagerte, bereits am 24. März in 6600 *m* Höhe, also beinahe 2000 *m* tiefer.

Prof. Cleveland Abbe in Washington hat den Versuch gemacht, aus den Teisserenc de Bort'schen Kurven mittlere Monatstemperaturen der freien Atmosphäre abzuleiten. Wir wollen hier nur die Jahreszeitenmittel aus den so gewonnenen Zahlen anführen, um auf diese Weise ein bestimmteres, wenn auch nur angenähertes Bild des jährlichen Ganges in den hohen Schichten zu geben.

Jährlicher Gang der Temperatur
in der freien Atmosphäre in verschiedenen Höhen.

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
10000 *m*	—52°	—59°	—45°	—52°
7000 »	—30	—35	—22	—29
5000 »	—20	—20	—9	—13
Sonnblick (3095 *m*)	—13	—8	0	—5

Wir erkennen, dass über 5000 *m* das Temperaturminimum thatsächlich im Frühlinge eintritt, während das Maximum der Temperatur im Spätsommer sich einstellt. Die Schicht in der Höhe von 5000 *m* stellt gewissermassen den Übergang zu den Bodenschichten dar, wo, wie der Sonnblick zeigt, das Temperaturminimum schon im Winter vorhanden ist.«

Zum Schlusse benutzt Hergesell die von ihm gegebene Tabelle der Ballonfahrten dazu, um durch Mittelbildung in gewissem Sinne Normalzahlen für die Temperaturverteilung in der freien Atmosphäre abzuleiten.

»Die folgende Tabelle enthält die so ermittelten Zahlen unter der Überschrift »Hergesell«, in der zweiten Spalte sind die nach derselben Methode ermittelten Zahlen nach den Beobachtungen Teisserenc de Bort's, in der dritten endlich die Beobachtungsresultate Glaisher's nach Hann's Bearbeitung wiedergegeben.

Temperatur der freien Atmosphäre nach

Höhe m	Hergesell	Teisserenc de Bort (Cleveland Abbe)	Glaisher
0	8	9	8
1000	4	5	1
2000	— 0	0	— 6
3000	— 7	— 4	— 11
4000	— 13	— 9	— 16
5000	— 18	— 16	— 19
6000	— 26	— 21	— 22
7000	— 33	— 29	— 24
8000	— 40	— 38	— 26
9000	— 48	— 42	—
10000	— 54	— 51	—

Mag man die erste oder die zweite Zahlenreihe nehmen, so ergiebt sich deutlich, wie sehr verschieden nach den neuern Forschungen der Temperaturverlauf in der freien Atmosphäre von den Ermittelungen Glaisher's sich herausstellt. Bei Glaisher ist die Temperaturkurve nach oben konvex, die Temperaturabnahme wird um so langsamer, je höher wir steigen, nach den neuern Ermittelungen ist der Temperaturverlauf gerade umgekehrt, die Temperaturkurve ist nach oben konvex, der Gradient wächst, je grössere Höhen wir erreichen. Untenstehende Zahlen erweisen dieses genauer.

Temperaturgradienten in verschiedenen Höhen nach

	Zwischen 0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10 km
Hergesell	0.4	0.4	0.7	0.6	0.5	0.8	0.7	0.7	0.9	0.6
Teisserenc de Bort	0.4	0.5	0.4	0.5	0.7	0.5	0.8	0.8	0.4?	0.9
Glaisher	0.7	0.65	0.55	0.45	0.4	0.3	—	—	—	—

Wir sehen, dass in den beiden ersten Reihen auch nach den Mittelzahlen der Gradient zunimmt, während bei Glaisher eine ständige Abnahme mit wachsender Höhe vorhanden ist.

Glaisher hat seine Beobachtungen, wenn dieselben auch unter Anwendung aller physikalischen Akkuratesse angestellt wurden, bekanntlich nicht genügend gegen Strahlung geschützt. Seine Apparate befanden sich mitten im Korbe, so dass die Thermometer nicht die Luft der freien Atmosphäre, sondern die durch den Ballonkörper und die Beobachter erwärmten Luftmengen ansaugten. Die Glaisherschen Beobachtungen sind deshalb, besonders wenn sie in den höhern Regionen ausgeführt wurden, zu verwerfen.

Wie die Glaisher'schen Zahlen, so ist auch die darauf basierte Mendelejeff'sche Temperaturformel zu verwerfen, dagegen darf die von Hergesell gegebene Zahlenreihe für die Temperaturabnahme nach oben als ziemlich richtig betrachtet werden. Die Tabelle der

30 Ballonfahrten enthält verschiedene Simultanfahrten, d. h. die Auffahrten, die zur selben Stunde von mehrern Punkten Europas aus unternommen wurden. Diese Simultanfahrten haben den grossen Vorzug, dass sie uns die Temperaturverteilung in der Atmosphäre im selben Zeitpunkte in verschiedenen Höhen in einer mehr oder weniger grossen Ausdehnung zur Anschauung bringen. »Wir erkennen aus den einzelnen Fahrten, dass die Beweglichkeit, welche die Temperatur in allen Höhenlagen in zeitlicher Beziehung besitzt, auch in örtlicher Hinsicht existiert. Zur selben Stunde können auch in den höchsten von uns erreichten Schichten, nur einige 100 *km* voneinander entfernt, Temperaturen vorhanden sein, die sich um mehr als 30—40° voneinander unterscheiden.

Am 13. Mai herrschte beispielsweise in einer Höhe von 5000 *m* im W des Kontinents eine Temperatur, die um 20° tiefer lag als im selben Niveau im NO über Petersburg. Die Fahrten vom 18. Februar 1897, 24. März 1899, 3. Oktober 1899 lassen ähnliche Gegensätze erkennen.

Über Finnland flutete an diesem Tage in 10000 *m* Höhe eine Luftschicht, die die tiefe Temperatur von — 90° aufwies, während über Italien und der Balkanhalbinsel in derselben Höhe nur die Temperatur von — 50° herrschte. Das horizontale Temperaturgefälle war am schärfsten in der Richtung SO—NW, wo sich auf eine Entfernung von 100 *km* nahezu eine Änderung von 5° ergab.

Eine derartige verschiedene Temperierung kann, wie schon erwähnt, nur zustandekommen, wenn die vertikalen Temperaturgradienten ebenfalls bedeutende Verschiedenheiten zeigen.

Ebenso wie die Temperatur zeigen auch die vertikalen Gradienten regionale Verschiedenheiten. Bei den einzelnen Simultanfahrten herrschen vielfach an den verschiedenen Aufstiegstationen, entsprechend den geänderten meteorologischen Verhältnissen, durchaus abweichende Temperaturgefälle im vertikalen Sinne.«

Dass der Gradient sich auch in derselben Vertikalen mit der Höhe ändert, hat Verf. bei Besprechung der Temperaturverteilung in einem Maximum und Minimum erwähnt.

15. Luftdruck.

Der höchste Luftdruck auf der Erde. A. Woeikof veröffentlichte hierüber einige Mitteilungen [1])

Am 23. Januar 1900, 7 Uhr morgens, wurde in Barnaul, Gouvernement Tomsk, Westsibirien, 170 *m* über dem Meeresniveau ein Barometerstand von 789.2 *mm* beobachtet, was auf das Meeresniveau reduziert 808.7 *mm* giebt, also um 5.0 *mm* höher, als das früher bekannte Maximum hier im Dezember 1877, und um 0.3 *mm* höher als das Maximum in Irkutsk in 1896 (808.4 *mm*).

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1900. p. 207.

»Die Höhe 808.7 *mm* in Barnaul bleibt die grösste, ziemlich sicher ermittelte. Selbst wenn wir statt mit der beobachteten Temperatur mit derjenigen von — 28.4° (der Mitteltemperatur des Januar 1900) reduzieren, finden wir 808.3 *mm*.«

»Eine andere Frage,« bemerkt Woeikof, »welche einiges Interesse bietet, betrifft den höchsten Luftdruck ohne Reduktion aufs Meeresniveau. Der höchste, auf der Station Luktschun beobachtete Luftdruck (in zwei Jahren), beträgt 796.0 *mm*. Es ist wohl anzunehmen, dass das absolute Maximum dort (angenommene Höhe — 17 *m*) wohl 800 *mm* betragen könne, d. h. 798.3 *mm* aufs Meeresniveau reduziert. Für das Ufer des etwa — 130 *m* liegenden See Bodschante-Kul würden wir 812 *mm* erhalten, eine Lufttemperatur von — 10° annehmend. Alle nicht unter dem Meeresniveau liegenden Ebenen der Erde kommen natürlich nicht in Betracht. Ein auch annähernd so hoher Luftdruck ist dort unmöglich. Ebenso wenig kommen die Depressionen unter dem Meeresniveau in der Sahara, die Ufer des Assalsees, die Depressionen in Kalifornien in Betracht, wenn sie auch bis — 200 *m* reichten, was, wie bekannt, nicht der Fall ist, weil der mittlere Luftdruck im Meeresniveau in diesen Gegenden im Winter bei weitem nicht so hoch ist, als in Zentralasien, und die Schwankungen desselben gering ausfallen.

Es kann nur die Frage von der palästinischen Depression sein, dem tiefsten Teile des Kontinentes der Erde, am Ufer des Toten Meeres, bis — 394 *m* erreichend. Ein Maximum des Luftdruckes von 775 *mm* im Meeresniveau, mit Reduktion auf die Schwere der Breite 45° annehmend, finden wir bei der zu erwartenden Wintertemperatur von etwa 12° das Maximum im Niveau des Toten Meeres ebenso wie in der Luktschun Senke etwa 812 *mm*.«

Luftdruck- und Temperaturverteilung. In seinen Untersuchungen über die Temperatur der freien Atmosphäre hat Prof. Hergesell auf Grund der Aufzeichnungen bei 30 Ballonaufstiegen sich auch über die Beziehung des Luftdruckes zur Temperaturverteilung in grossen Höhen verbreitet.[1]) Er betont nur die Thatsache, dass die atmosphärischen Schichten zur selben Zeit in nicht grossen Entfernungen grosse Temperaturdifferenzen aufweisen können, von grosser Bedeutung für die Luftdruckunterschiede in grossen Höhen ist. Man kann an der Hand der hydrodynamischen Grundgleichungen, die auch für die Bewegungen der Atmosphäre Geltung haben müssen, nachweisen, dass die Bewegungen der Luft selber nur einen geringen Einfluss auf die Druckverteilung haben können, zumal für die atmosphärischen Bewegungen die Thatsache sichergestellt sein dürfte, dass die Vertikalkomponenten immer von geringem Ausmasse sind. Auf jeden Fall überwiegen, wenn solche Temperaturdifferenzen,

---

[1]) Petermann's Mitteilungen 1900. p. 109.

wie er sie geschildert, in den höchsten Schichten der Atmosphäre auftreten, die durch sie hervorgebrachten Druckänderungen so bedeutend, dass man die durch dynamische Wirkung hervorgebrachten Druckunterschiede in erster Linie vernachlässigen kann.«

In der Meteorologischen Zeitschrift 1900. p. 18 hat Verf. dargethan, dass man in einer Luftsäule die Druckverteilung in allen Niveaus berechnen kann, wenn dieselbe durch Beobachtung in irgendeinem beliebigen Niveau festgelegt ist, falls eine genügende Anzahl von Simultanballonfahrten vorhanden ist, die allenthalben die vertikale Temperaturverteilung bestimmen. Er hat in der genannten Arbeit die Druckverteilung in verschiedenen Höhen für die verschiedenen Simultanfahrten studiert und ist zu sehr interessanten Resultaten über die Gestaltung der Luftwirbel gekommen.

Er geht jetzt, um einen bestimmten Fall genauer zu behandeln, auf die Luftdruckverteilung, die am 24. März 1899 in verschiedenen Niveaus geherrscht hat, etwas näher ein. »An jenem Tage lagerte im NW Europas ein Hochdruckgebiet, das die höchsten Stände über Irland und dem Atlantischen Ozeane aufwies, flache Depressionen über dem westlichen Mittelmeere und der Balkanhalbinsel. Die Druckverteilung war demgemäss im untern Niveau ziemlich verwickelt. Dem entsprechend waren die Windrichtungen, die in den untern Schichten herrschten, ebenfalls sehr veränderlich. Im W des Kontinentes war eine nordöstliche Luftströmung massgebend, im SO herrschten Nordwestwinde vor, während im N und O die südwestlichen Richtungen überwogen.

Ganz anders gestaltete sich die Druckverteilung im Niveau von 5000 und 10000 *m*. Hier schliessen sich die Isobaren zu einem ausgedehnten Luftwirbel, der ganz Europa überdeckte und längliche Gestalt besass. Die Längsaxe erstreckte sich von Spanien nach Finnland.

Die Isobaren, die im allgemeinen ellipsoidische Gestalt besitzen, weisen eine Einbuchtung an der Grenze von Deutschland und Russland auf, die im höhern Niveau von 10000 *m* schärfer auftritt als bei 5000 *m*.

Wichtig ist die Thatsache, dass die Luftdruckgradienten sich mehr und mehr verschärfen, in je höhere Niveaus wir steigen. In der Richtung Petersburg—Konstantinopel beträgt der Druckunterschied im Niveau von 5000 *m* beinahe 24 *mm* für 1000 *km*, um sich in der Höhe von 10000 *m* auf 29 *mm* zu erheben.

Für die Linie Petersburg—Paris betrugen dieselben Grössen je 7.8 und 9.0 *mm* für die entsprechenden Niveaus.

Die Zyklone waren also in dem obern Niveau bedeutend tiefer als in der untern Schicht. Die Windbewegung war in den obern Regionen, wie die Ballonbahnen nachweisen, sehr einfach. Die Luftbahnen folgten nahezu dem Laufe der Isobaren, so dass wir demgemäss im W des Kontinentes eine nördliche, im O eine süd-

liche Luftströmung hatten. Die Wirbelbewegung der obern Regionen reichte bis nahezu 1500 *m* über das Meeresniveau herab.

Betrachten wir die Temperaturverteilung, so erkennen wir, dass wir eine Zyklone mit kaltem Kerne vor uns haben, die tiefsten Temperaturen fallen in die Axe des Wirbels.

Betrachten wir die Isobaren der verschiedenen Höhenschichten, so fällt besonders in die Augen, wie wenig massgebend der Verlauf der untern Fläche (760 *mm*) für den Bau des grossen Luftwirbels ist.

Der Luftwirbel erstreckt sich aus den höchsten erreichbaren Höhen, wo die Isobarenflächen scharf nach dem Zentrum des Wirbels abfallen, immer flacher werdend, bis in die Nähe der Erdoberfläche. Hier liegt eine verhältnismässig dünne Schicht, die ein schwaches Maximum über Westdeutschland zeigt.«

Ein Querschnitt zeigt deutlich, »dass die Luftdruckverteilung im Meeresniveau eigentlich eine völlig lokale, oder, wenn man lieber will, sekundäre Erscheinung ist, die ohne Zweifel durch den grossen darüber befindlichen kalten Luftwirbel hervorgebracht wird.

»Ähnliche Verhältnisse ergaben die Simultanfahrten am 13. Mai 1897, am 3. Oktober 1899.[1]) Jedesmal flogen die Ballons in einen ausgedehnten Luftwirbel von bedeutender vertikaler Mächtigkeit, dessen Intensität um so grösser wird, je höhere Schichten wir in demselben betrachten. Die Temperaturverteilung war in diesen Zyklonen stets so beschaffen, dass die tiefsten Temperaturen sich in allen Schichten in der Nähe der vertikalen Axe des Luftwirbels vorfanden. In allen drei Fällen wurden also Luftwirbel mit ausgesprochen kaltem Zentrum konstatiert. Diese Luftwirbel begannen alle in grossen Höhen, wo sie eine bedeutende Bewegungsenergie aufwiesen, und reichten, sich immer mehr verflachend, bis nahe an die Erdoberfläche. Die Druckverteilung der untersten Schicht war gewöhnlich verwickelt und von lokalen Ursachen beeinflusst.

Bei der Temperaturverteilung sind noch folgende Thatsachen hervorzuheben. Die Temperaturen nehmen auf allen Seiten der Wirbel nach aussen in der Richtung der Gradienten zu. Die Zunahme erfolgt jedoch stets am schnellsten auf der Ostseite. Am einfachsten ist die Verteilung der Wärmeverhältnisse durch polare und äquatoriale Strömungen zu erklären, die auf der Rückseite des Wirbels die kalte Luft der nördlichen Breiten nach S führen, während auf der Vorderseite der südliche Strom warme Luft in hohe Breiten bringt.

Von besonderem Interesse ist der Vergleich der Temperaturen der einzelnen Luftwirbel.

Am wärmsten waren die Luftmengen der Zyklone am 3. Oktober 1899, wo auch in 10000 *m* Höhe —70° nirgends überschritten wurden. Weit tiefere Temperaturen lieferten die Fahrten am 13. Mai 1897 und am 24. März 1899. Am 13. Mai befanden sich über

[1]) Einzelheiten in der Meteorologischen Zeitschrift 1900.

Deutschland Luftmengen in 10000 *m* Höhe, deren Temperatur auf — 80° gesunken war, und am 24. März kühlte sich die Atmosphäre über Finnland in derselben Höhenschicht sogar auf — 90° ab.

Man wird wohl nicht fehlgehen, wenn man dieses Verhalten der Temperatur auf die mit den Jahreszeiten wechselnde Temperierung der polaren Luftmassen zurückführt.

Die Frühjahrsauffahrten fanden in den mittlern und höchsten Höhen auf den Rückseiten und dem Zentrum der Luftwirbel noch die eisige, durch keine Sonnenstrahlen und Konvektionsströme erwärmte Luft des Polarwinters vor, während die Ballonfahrt im Herbste auch in den höchsten Schichten noch die direkten und die indirekten Einwirkungen des hohen Sommerstandes der Sonne verzeichnen konnte.

Diese Erklärung giebt auch eine nähere Einsicht in den früher geschilderten jährlichen Gang der Temperatur der höhern Luftschichten über Europa. Das Minimum des Frühjahrs ist auf die Einwirkung des Polarwinters zurückzuführen, während die hohen Temperaturen des Spätsommers den sommerlichen Luftströmungen aus dem Süden ihr Dasein verdanken.

Von grosser Bedeutung ist die Simultanfahrt des 13. Mai 1897 gewesen, da sie neues Licht auf die rätselhafte Erscheinung der »Maifröste« geworfen hat

An dem genannten Tage herrschte eine Wetterlage, die kennzeichnend für die Kälteperiode in der Mitte des Monates Mai, für die sogenannten »Eisheiligen« ist. Im W des Kontinentes war es unter dem Einflusse von nördlichen Winden kalt, während im O Europas ungewöhnlich hohe Temperaturen vorhanden waren.

Die Ballonbeobachtungen weisen nun die Thatsache unzweifelhaft nach, dass diese für die »Eisheiligen« charakteristische Temperaturverteilung bis in die höchsten Schichten — bis über 10000 *m* hinauf — vorhanden gewesen ist.

Die Temperaturgegensätze haben sich mit zunehmender Höhe nicht ausgeglichen, sondern im Gegenteil verstärkt.

Im Meeresniveau betrug die Temperaturdifferenz zwischen Petersburg und Strassburg 12°, dieselbe stieg in 5000 *m* Höhe auf 25°, in 7000 *m* auf 32°, in 10000 *m* gar auf 37°.

Die Temperaturverteilung, die am 13. Mai 1897 für West- und Mitteleuropa Maifröste brachte, war also keine lokale, an die Erdoberfläche gebundene Erscheinung, sondern ein meteorologisches Phänomen von weitgehender Mächtigkeit und Bedeutung, das sich auf die ganze — an den in Betracht kommenden Tagen — über Europa lagernde Luftsäule bis zu den höchsten Schichten erstreckte.

Diese Erkenntnis ist für die Erklärung der »Eisheiligen« von ganz besonderer Wichtigkeit, besonders wenn wir noch die Thatsache hinzuziehen, dass die soeben geschilderte Temperaturverteilung einen ausgedehnten Luftwirbel mit kaltem Zentrum bedingt, der fast ganz

Europa bedeckte, mindestens im Niveau von 10000 *m* begann und mit abnehmender Intensität bis nahe an die Erdoberfläche reichte.

Dieser Luftwirbel lenkte auf eine seiner Rückseiten im W einen kalten Luftstrom mit niedrigen Temperaturen weit nach S, während er auf der Vorderseite dem O des Kontinentes bis in die höchsten Regionen warme Luftmengen aus dem S zuführte.

Es ist unmöglich, dass das Vorhandensein eines derartig ausgedehnten, mit grosser Energie begabten Luftdruckgebildes mit lokalen Einwirkungen der Erdoberfläche in Abhängigkeit zu bringen ist, etwa mit einer Erwärmung der Landmassen der Balkanhalbinsel durch die schnell wachsende Deklination der Sonne und einer hierdurch verursachten Auflockerung der Atmosphäre im SO des Kontinentes.

Die Maifröste werden also mit grosser Wahrscheinlichkeit durch ausgedehnte Luftströmungen polaren Ursprunges hervorgebracht, die den grossen Bewegungen der Atmosphäre ihren Ursprung verdanken.

Warum dieses Einbrechen polarer Luftströmungen über Westeuropa oder, besser ausgedrückt, die oben geschilderte Wirbelbewegung gerade in den Tagen des Monates Mai erfolgt, ist allerdings eine andere Frage, deren nähere Untersuchung spätern Forschungen überlassen bleiben muss.«

Der Einfluss der Wärmeschwankungen des Norwegischen Meeres auf die Luftzirkulation in Europa ist von Dr. E. Lesshaft untersucht.[1]) Er fasst das Ergebnis seiner Untersuchung wie folgt zusammen:

»Im allgemeinen Gange der Luftzirkulation in Europa treten, wie es scheint, gewisse periodische Veränderungen ein, die auf eine bestimmte Art mit den Schwankungen in dem Wärmezustande des Norwegischen Meeres zusammenhängen. In paaren Wintern, wo die Temperatur des Norwegischen Meeres steigt, ist der allgemeine Gang der Luftzirkulation so beschaffen, dass den Vorrang die nach SO aus dem Norwegischen und Polarmeere vorschreitenden Zyklone erhalten; die Zahl der Zyklonen dieser Gruppe steigt im Verhältnisse zur Zahl derselben in unpaaren Wintern; ja, in paaren Wintern sind die Zyklonen dieser Gruppe überhaupt zahlreicher als die Zyklonen der Gruppe NO. In unpaaren Wintern, wo die Meerestemperatur fällt, wird der allgemeine Gang der Luftzirkulation in der Weise verändert, dass den Vorrang die nach NO aus mehr südlich gelegenen Regionen (südlicher 60° nördl. Br.) vorschreitenden Zyklone erhalten; die Zahl dieser Zyklonen steigt sowohl im Verhältnisse zur Zahl derselben in paaren Wintern, als auch im Vergleiche mit der Zahl der Zyklonen der Gruppe SO.«

Die Erklärung der oben festgestellten Verhältnisse glaubt Verf. in den Bedingungen der Luftdruckverteilung in den obern Schichten der

---

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1899. p. 539.

Atmosphäre suchen zu müssen. Dabei steht er auf dem Standpunkte, dass im Grunde jedes Fortschreiten der Zyklonen nur durch mächtige Luftströmungen in obern Schichten der Atmosphäre bedingt wird. »In den Veränderungen der Richtung der obern Luftströmungen müssen wir also den Schlüssel zur Erklärung der Schwankungen in den Zyklonenrichtungen, wie wir sie oben festgestellt haben, suchen. Wir verdanken es Teisserenc de Bort[1]), die Luftdruckverteilung in der Höhe von 4000 *m* untersucht und kartographisch aufgezeichnet zu haben. Seine Karten zeigen, dass in der Nähe des Nordpoles im Januar auf dieser Höhe sich zwei Minima bilden; das eine Minimum liegt mit seinem Südteile auf dem asiatischen Kontinente, das andere Minimum nimmt in seinen Bereich den N des Neuen Kontinentes. Zwischen diesen beiden Minimis liegt im Bereiche des Norwegischen Meeres ein mächtiger barischer Keil, der wie eine Wand erscheint, welche die beiden zyklonalen Systeme voneinander scheidet. Die Hauptaxe dieses Keiles, d. h. die Linie, durch welche die Punkte grösster Krümmung der Isobaren verbunden werden, ist von SW nach NO gerichtet und liegt mit seinem grössten Teile im Bereiche des Norwegischen Meeres. Westlich von dieser Hauptaxe des Atlantischen Keiles herrscht eine südwestliche Luftströmung; diese Strömung gehört zum zyklonalen Systeme des amerikanischen Minimums. Östlich von der Hauptaxe des Atlantischen Keiles dominiert eine nach SO gerichtete Luftströmung; diese Strömung wird durch das asiatische Minimum hervorgerufen. Das Vorhandensein des Atlantischen Keiles wird, wie es ohne weiters einleuchtet, durch die erwärmende Wirkung der Golfströmung im Bereiche des Norwegischen Meeres erklärt. Die mittlere Lage des Atlantischen Keiles, wie man es aus den Karten Teisserenc's ersehen kann, ist eine derartige, dass sie das Vorschreiten der Zyklonen im Bereiche Europas im gleichen Masse wie nach SO, so auch nach NO gewähren muss. Und dies wird auch durch Rykatscheff's Zahlen bestätigt, welche zeigen, dass im Winterhalbjahre im Mittel für 16 Jahre die nach SO vorschreitenden Zyklone ebenso zahlreich sind wie die nach NO vorschreitenden. Jede Veränderung in der Lage des Keiles muss auf die vorherrschende Bewegungsrichtung der Zyklonen zurückwirken. Zweifellos ist es aber, dass die Lage der Hauptaxe des Atlantischen Keiles in einzelnen Wintern mehr oder weniger differiert von der mittlern Lage dieser Axe. Wie gross die Abweichung von der mittlern Lage ist, hängt natürlich in erster Linie von den Wärmezuschüssen ab, welche durch die warme Golfströmung den Luftmassen im Bereiche des Norwegischen Meeres erteilt werden. Wenn die erwärmende Wirkung des Golfstromes im gegebenen Winter grösser ist als seine mittlere erwärmende Wirkung, so muss die Hauptaxe des Golfstromes ihre Lage ändern und sich etwas nach N und W versetzen, was mit einer mächtigen Entwickelung des Golfstromes in Breite und Länge zusammenhängt. Wenn aber die Wärmezuschüsse des Golfstromes im gegebenen Winter nicht die mittlere Norm erreichen, so muss die Keilaxe nach S und O versetzt werden, im Einklange mit geringerer Entwickelung des Golfstromes in beiden Richtungen, in Breite und Länge. Es ist auch ohne weiteres verständlich, dass jedes Versetzen der Keilaxe nach W oder deren Verlängerung ein Vorwalten der nach SO schreitenden Zyklone hervorrufen muss; umgekehrt jedes Versetzen der Keilaxe zum Kontinente, d. h. nach O oder deren Verkürzung muss den Vorrang den Zyklonen nordöstlicher Richtung geben. Im erstern Falle tritt Europa in den Bereich des asiatischen Minimums, wodurch das Vorschreiten der Zyklonen nach SO befördert wird; im zweiten Falle wird Europa ins System des amerikanischen Minimums einbezogen und dadurch das Vorwalten der Zyklone nordöstlicher Richtung hervorgerufen. Diese Beziehungen mögen uns in genügender Weise erklärlich

---

[1]) Teisserenc de Bort: »Étude sur la circulation générale de l'atmosphère.« Annales du Bureau central met. de France. 1885. Seconde partie.

machen, weshalb die positiven Schwankungen der Meerestemperatur mit dem Vorwalten der Zyklone der Gruppe SO zusammenhängen, die negativen Schwankungen der Temperatur dagegen ein Vorwalten der Cyklone der Gruppe NO hervorbringen.«

Was die zweijährige Schwankungsperiodizität der Temperatur des Norwegischen Meeres betrifft, so glaubt Verf., sie auf folgende Weise erklären zu können. »Wir nehmen an, dass im gewissen Winter, wegen einer ungewöhnlich starken Entwickelung der südwestlichen Luftströmung, der Golfstrom eine besondere Mächtigkeit erhält. Wie man leicht einsieht, werden in diesem Winter den polaren Meeren viel grössere Wärmezuschüsse durch die warmen Strömungen zugebracht, als es gewöhnlich geschieht. Der Wärmezustand des polaren Ozeans muss also in diesem Winter viel günstiger erscheinen als gewöhnlich. Diese Änderung in dem Wärmezustande der polaren Regionen muss natürlich eine Rückwirkung auf die Luftdruckverteilung in den höhern Schichten der Atmosphäre ausüben: Die Tiefe des Polarminimums (Verf. versteht hier das Minimum in höhern Schichten der Atmosphäre, dessen Mittelpunkt auf den Nordpol fällt) wird verringert. Die Verringerung der Tiefe des Polarminimums muss ihrerseits wiederum auf die Luftdruckverteilung in den untersten Schichten der Atmosphäre reagieren. Die subtropische Zone hohen Luftdruckes erscheint nach Ferrel als ein Produkt der Zentrifugalkraft des Polarminimums; die Verringerung der Tiefe des Polarminimums muss also von einer Abnahme des Luftdruckes in subtropischen Breiten begleitet sein. Dieser letzte Umstand kann wieder nicht ohne einen gewaltigen Einfluss auf die Luftströmungen in der Nähe der Erdoberfläche bleiben. Mit der Abnahme des Luftdruckes in den subtropischen Breiten ist eine Abnahme der Stärke wie der Passatwinde, so auch der südwestlichen Luftströmungen des Atlantischen Ozeans verbunden. Auf solche Weise führt eine Steigerung der Golfstromtemperatur, hervorgerufen durch eine starke Entwickelung der südwestlichen Luftströmungen, als Endresultat zu einer Abschwächung dieser selben südwestlichen Luftströmungen, zur Abschwächung der nordöstlichen Meeresströmungen und also zu einer Abnahme der Golfstromtemperatur. Eine positive Schwankung im Wärmezustande des Polarozeans hat also eine Tendenz, die Bedingungen ins Leben zu rufen, welche der Erhaltung des gewonnenen Zustandes entgegenzuwirken bestrebt sind. Im Endresultate wird daher eine volle Umkehrung des Wärmezustandes hervorgerufen, und eine negative Schwankung wird die Folgeerscheinung sein.

Eine negative Schwankung im Wärmezustande des Polarozeans, durch eine ungewöhnlich schwache Entwickelung des Golfstromes hervorgerufen, muss im Gegenteil die Temperaturdifferenzen zwischen Äquator und Pol verschärfen, muss das Polarminimum vertiefen und daher eine Zunahme des Luftdruckes in den Rossbreiten zur Folge haben. Letzterer Umstand muss unbedingt eine Verstärkung der südwestlichen Luftströmung hervorrufen und damit auch eine mächtige Entwickelung des Golfstromes bedingen. Wir haben es hier, wie es scheint, mit einem geschlossenen Kreise der Erscheinungen zu thun, in welchem die eine Gruppe der Bedingungen eine total entgegengesetzte andere ins Leben ruft; diese letztern ihrerseits besorgen ihr eigenes Untergehen und räumen wieder das Feld den Bedingungen der ersten Gruppe. Die einen Bedingungen wachsen aus den andern hervor und werden wiederum von diesen letztern weggeräumt. Dies ist in groben Zügen des Verf. Erklärung der zweijährigen Periodizität der Golfstromschwankungen.

Verf. ist weit entfernt davon, die zweijährige Periodizität als eine allgemeine Erscheinung zu betrachten oder etwa als ein Gesetz aufzustellen. Im Gegenteil hält er die Erscheinungen unserer Atmosphäre für viel zu kompliziert und zu verschiedenartig, als dass ihre Schwankungen durch eine einfache zweijährige Periodizität ausgedrückt werden könnten. Die zweijährige Schwankungsperiode, die wir im Zeitraume 1872—1891 beobachtet

haben, kann natürlich ganz und gar verbleichen in nächster Jahresfolge und nachher wieder hervortauchen mit derselben Periode der Schwankungen, aber vielleicht mit umgekehrten Schwankungsphasen. Seine Meinung geht dahin, dass es verschiedene Abweichungen von der genannten Regelmässigkeit der Schwankungen geben kann, dass aber eine Tendenz zum Vorwalten einer zweijährigen Periodizität unbedingt vorhanden ist, und diese Periode wirklich nach gewissen Zeiträumen einen vollständigen Ausdruck erhalten müsse.

Luftdruckverteilung und Monddeklination. R. Börnstein hat[1]) das Beobachtungsmaterial einer grossen Anzahl von Stationen (Berlin, Magdeburg, Potsdam, Wien, Upsala, San Fernando, Port au Prince, Batavia u. a.) zu einer Untersuchung über die Beziehung zwischen Luftdruckverteilung und Monddeklination benutzt.

Es ergiebt sich aus den in der Arbeit mitgeteilten Zahlenangaben, dass in Berlin, Potsdam, Magdeburg, Greenwich und Brüssel während der Jahre 1884—1898 der mittlere Gang des Luftdruckes im siderischen Monate eine einmalige Schwankung zeigte, deren Maximum, resp. Minimum einige Tage vor dem südlichen, resp. nördlichen Lunistitium eintrat. Weniger deutlich zeigt sich dieselbe Beziehung in Irkutsk und in Wien und ist nur noch angedeutet in Upsala, New-York und San Fernando. In Batavia ist zwar die Lage der Extreme ähnlich wie in Berlin, sonst aber lässt sich dort wie in Port au Prince die anderwärts beobachtete Schwankung des Luftdruckes im siderischen Monate nicht erkennen.

Um einen etwaigen Unterschied der Jahreszeiten festzustellen, teilte Verf. die Luftdruckzahlen von Magdeburg in zwei Hälften und bestimmte getrennt den mittlern Gang des Luftdruckes im Sommer (April bis September) und im Winter (Oktober bis März). Die Extreme, sowie die Amplitude stimmen in der kältern Jahreszeit mit dem Gesamtmittel besser überein, als in der warmen, indem die Wintermonate am 11. und 27. Tage die Extreme mit einer Amplitude von 3.929 *mm*, dazu ein sekundäres Minimum am 23. Tage mit Abweichung von 3.776 *mm* gegen das Hauptmaximum zeigten, die Sommermonate ein Maximum am 12., ein Minimum am 19. Tage, die Amplitude 1.771 *mm*, ausserdem ein sekundäres Minimum am 23. Tage, welches 1.770 *mm* unter dem Hauptmaximum liegt. Es trat also die Beziehung des Luftdruckes zum siderischen Monate deutlicher im Winter als im Sommer hervor.

Da eine ähnliche Wahrnehmung in Betreff des synodischen Monates früher gemacht worden ist (nämlich das Auftreten eines Druckminimums bald nach Vollmond in den Herbstmonaten), so schien es Verf. von Interesse, das benutzte Beobachtungsmaterial auch nach dem synodischen Mondumlaufe zu ordnen. Es wurde dabei in allen den Fällen, wo zwischen zwei Tagen mit Neumond nur 29 Kalendertage lagen, für den 30. Tag der Mittelwert aus den beiden benachbarten Tagen eingeführt. Dass im Durchschnitte aus 190 synodischen Monaten der Luftdruck von Berlin keine regelmässige Änderung erkennen lässt, hat Verf. schon früher mitgeteilt, und die Rechnung nun für 200 synodische Monate wiederholt. Das Ergebnis war das nämliche, und er kann das Gleiche für Magdeburg noch hinzufügen. Als aber 81 synodische Monate aus der Zeit von September bis Januar nach Berliner Beobachtungen zur Mittelbildung vereinigt wurden, trat eine deutliche Schwankung hervor, deren Maximum auf Neumond, Minimum auf Vollmond fällt, mit einer Amplitude von 2.906 *mm*. Weniger charakteristisch ist das Gegenbild, welches 66 synodische Monate der Zeit von Mai bis August aus den nämlichen Berliner Beobachtungen liefert, nämlich ein

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1900. p. 420.

zwar deutliches, aber nur sekundäres Maximum zur Vollmondszeit, während zwei andere Maxima kurz vor dem ersten Viertel und vor Neumond erscheinen. Übrigens fällt ja bekanntlich das südliche Lunistitium durchschnittlich im Winter mit Neumond, im Sommer mit Vollmond nahe zusammen. Wenn nun in den bisher untersuchten Beobachtungsjahren kurz vor dem südlichen Lunistitium ein Maximum des Druckes eintrat, so liegt darin schon die im synodischen Mondlaufe bemerkte, eben erwähnte Beziehung.

Hatte die während des siderischen Monates in der Periode 1884 bis 1898 stattfindende Druckschwankung sich als örtlich begrenzt erwiesen, so schien es wichtig, nun auch eine etwaige zeitliche Beschränkung zu ergründen. Hierbei musste die Vorfrage erledigt werden, ob auch Beobachtungsmaterial für diese Untersuchung verwendet werden dürfe, das nur aus dreimal täglich vorgenommenen Terminablesungen besteht, denn die bisherigen Ergebnisse sind auf »wahre« Tagesmittel des Luftdruckes, d. h. auf den jedesmaligen Durchschnitt von 24 Stundenwerten gegründet, mit alleiniger Ausnahme der Jahre 1887—1889 in Brüssel, für welche zwölfstündige Tagesmittel benutzt wurden. Verf. wiederholte daher für die 100 siderischen Monate vom 5. Juli 1891 bis 24. Dezember 1898 die Berechnung der Berliner Kurve, indem er diesmal die Tagesmittel aus den um 8^a, 2^p und 8^p an der Berliner Landwirtschaftlichen Hochschule ausgeführten Terminbeobachtungen zu Grunde legte. Dabei zeigte sich sehr nahe die gleiche Kurvenform, wie sie vorher aus den Angaben des Barographen hervorgegangen war. Die Differenz der für die einzelnen Tage des siderischen Monates in beiden Reihen gefundenen Luftdruckmittel hat schwankendes Vorzeichen und liegt mit Ausnahme eines Wertes (0.311 *mm*) unter 0.126 *mm*. Im Durchschnitte beträgt der absolute Wert dieser Differenz 0.056 *mm*.

Hiernach hielt Verf. es für zulässig, die Untersuchung auf Grund von Tagesmitteln, die aus dreimal täglich ausgeführten Terminablesungen berechnet sind, fortzusetzen, und unterwarf der Berechnung die Angaben, welche aus Berlin seit 1824 vorliegen. Zunächst konnte er die von Berghaus und bald danach von Mädler gelieferten Beobachtungen benutzen, die täglich fünfmal, zum Teil auch noch häufiger stattfanden und in der Vossischen Zeitung abgedruckt sind. Er berechnete daraus die Tagesmittel im Durchschnitte aus den fünf Terminbeobachtungen von 8^a, 12^b, 2^p, 6^p, 10^p und erhielt so das Material für 320 siderische Monate (vom 8. März 1824 bis zum 13. Februar 1848). Hieran schlossen sich die in Berlin handschriftlich aufbewahrten Beobachtungen des Kgl. Met. Instituts, welche Tagesmittel als Durchschnitt der Beobachtungen um 6^a, 2^p, 10^p angeben und sich über 480 siderische Monate (vom 14. Februar 1848 bis zum 9. Januar 1884) erstrecken. Und endlich konnte noch die bereits früher benutzte Reihe der vom Barographen gelieferten 24stündigen Tagesmittel (200 siderische Monate vom 10. Januar 1884 bis 24. Dezember 1898) hinzugefügt werden. Es betrug also der Umfang des gesamten Berliner Materiales jetzt 1000 siderische Monate oder fast 75 Jahre (vom 8. März 1824 bis zum 24. Dezember 1898), und hieraus wurde nun das Gesamtmittel des Luftdruckes für jeden Tag des siderischen Monates berechnet. Jede einzelne Zahl der so erhaltenen Reihe ist demnach der Durchschnitt aus 1000 Tagesmitteln und auf Grund von 7840 Einzelwerten abgeleitet (nämlich 320, resp. 480, resp. 200 Tagesmittel aus je 5, resp. 3, resp. 24 Einzelwerten). Bei der Mittelbildung wurden alle Tagesmittel mit gleichem Gewichte in Rechnung gezogen.

»Je weiter die Untersuchung auf frühere Jahre ausgedehnt wurde, um so mehr verschwand die einfache Periode der Jahre 1884—1898, welche also als eine allgemein auftretende Erscheinung nicht angesehen werden darf. Stellt man durch Kurven die Ergebnisse der einzelnen Beobachtungsperioden dar, so findet sich zwischen der Zeit 1824—1847 und anderseits 1848—1884 eine gewisse Ähnlichkeit: Maxima am 17. und 10. Tage des

siderischen Monates, Minima danach und dazwischen; weil aber die Kurven der Perioden 1884—1891 und 1891—1898 ganz andere, wiewohl untereinander ähnliche Formen zeigen, so kann von einer dauernden und gleichmässig auftretenden Beziehung zwischen Luftdruck und siderischem Mondumlaufe nicht gesprochen werden. Ist zwischen beiden eine Beziehung vorhanden, so verändert sie ihren Charakter in einer Periode, deren Dauer aus den hier untersuchten 75 Jahren noch nicht erkannt werden kann.«

16. Wolken.

Photographische Aufnahmen charakteristischer Wolkenformen wurden mit grossem Erfolge zu Juvisy von E. Antoniadi ausgeführt.[1]) Auf Tafel V sind zwei derselben in Lichtdruck reproduziert. Fig. 1 zeigt Cirro-Kumulus-Formen, an der Sonne vorüberziehend, Fig. 2 Gewitter-Kumulus zu Paris am 28. September 1899.

Verschiedene Arten von Haufenwolken. Bei Gelegenheit einer Ballonfahrt am 3. Oktober 1899 konnte R. Süring die Entwickelung von Haufenwolken in einer stürmisch bewegten Luftschicht beobachten. Die vollständige Übereinstimmung dieser Wolkenformen mit denen eines ruhigen sommerlichen Kumulus veranlasste ihn, der Entstehungsweise dieser Bildungen nachzuforschen. Folgendes sind seine Ausführungen:[2])

»Am 3. Oktober 1899 lag an der mittlern norwegischen Küste ein Minimum von 735 *mm*, das von SW herangezogen war und nun nach W umbog; die Entwickelung einer Teildepression war in Südschweden angedeutet. Es folgte ein neues Minimum, welches morgens nordwestlich von Schottland, mittags auf der Nordsee zwischen Schottland und Norwegen lag. Dadurch wurde der hohe Luftdruck, welcher sich von Frankreich her ausbreitete, wieder zurückgedrängt, so dass der Luftdruck seit Mittag in stetem Fallen begriffen war. Der Aufstiegsort Berlin lag also im Grenzgebiete zwischen Maximum und Minimum, hatte aber durchaus zyklonales Wetter. Der Wind hatte in der Nacht von S über SW bis WSW gedreht und war stark böig geworden; die Bewölkung, welche am Nachmittage vorher und früh morgens 10 betrug, sah regendrohend aus. Um 9 Uhr morgens klarte es plötzlich auf, und es blieben nur leichte Alto-Kumuli übrig. Bald nach dem um 9 Uhr 45 Min. morgens stattfindenden Aufstiege bezog sich der Himmel wieder; vom Erdboden waren zeitweilig Kumuli zu sehen, es überwog jedoch die schichtförmige Ausbreitung, so dass ein Beobachter bei nicht ganz sorgfältiger Verfolgung der Vorgänge leicht dazu geführt werden konnte, Strato-Kumulus zu notieren und für die neu gebildeten Wolken eine ähnliche Entstehung anzunehmen, wie für die früh morgens vorhandenen Alto-Stratus- oder Nimbus-Decke. Die starke Luftbewegung würde ihn in dieser Ansicht nur bestärkt

1) Knowledge 1900. p. 174. 175.
2) Meteorologische Zeitschrift 1900. p. 177.

haben. Und doch waren diese Wolken, wie sich von oben feststellen liess, typische Kumuli.

Nachdem der Ballon in etwa 600 *m* Höhe dünne Wolkenfetzen angetroffen hatte, kam er bei 1200 *m* in die Region der Kumulus-Wolken, die sich bis 2100 *m* erstreckten, d. h. der Ballon blieb stets in der Nähe der Wolken, ohne jedoch mehr als höchstens die äussersten Randgebiete zu berühren. Der Anblick dieser Wolkenmassen war ein überwältigender; meine drei Begleiter — vor allem der durch Naturschönheiten des Hochgebirges verwöhnte Professor F. A. Forel — erklärten, selten oder nie etwas so Grossartiges gesehen zu haben. Horizontal scheinbar unbeweglich quollen die Wolken gewaltig in die Höhe, kleinere Massen wichen vor grössern aus und stiegen nun auf Seitenarmen in wirbelförmigen Säulen in die Höhe, andere Wolkenteilchen lösten sich vom Hauptstamme ab, sanken aber bald als zierlich gewundene Schläuche abwärts und hatten sich bald aufgelöst. Einzelne Teilchen aber, die bis zu 2000 *m* hinaufgelangt waren, breiteten sich zu einem blendend weissen Schirme aus, dessen feines, gestreiftes Gefüge in grellem Gegensatze stand zu den dicken, traubenförmig aufquellenden Massen. Je länger man dieses ungestörte, an immer neuen Wolkenmassen sich wiederholende Schauspiel ansah, desto unglaublicher musste es erscheinen, dass sich dasselbe nicht etwa in ruhiger Luft, sondern bei einer horizontalen Windgeschwindigkeit von ca. 18 *m* per Sekunde entwickelte, während die vertikale Geschwindigkeit höchstens 2 *m* per Sekunde betragen haben wird.

Durch die Beobachtungen im Ballon lässt sich mit Sicherheit feststellen, dass eine Beziehung zwischen den Witterungsänderungen am Erdboden und der Kumulusbildung nicht bestanden hat. Bis zu 600 *m* Höhe betrug die vertikale Temperaturabnahme 0.95 auf 100 *m*, nach den Feuchtigkeitsbeobachtungen am Erdboden berechnet sich bei adiabatischer Zustandsänderung die untere Wolkengrenze zu 600 *m*, und thatsächlich wurden hier dünne Wolken beobachtet; es waren dies also offenbar die Wolken des vom Boden aufsteigenden Stromes. Darüber hinaus nahm aber die Temperaturänderung rasch auf ca. 0.5° per 100 *m* ab, sie betrug zwischen 1000 und 2000 *m* 0.43°, zwischen 2000 und 3000 *m* 0.50°. Die Feuchtigkeit zeigte nur kleine unregelmässige Schwankungen zwischen 70 und 85%. Zwischen 600 und 1200 *m* war keinerlei Wolkenbildung vorhanden; dann begannen, scharf von der untern Luftmasse abgetrennt, die Kumuli. Aus der Mischung der auf- und absteigenden Ströme am Rande dieser Wolken erklärt sich ungezwungen, dass Temperaturabnahme und Feuchtigkeitsschwankungen so klein waren. Die Windgeschwindigkeit wuchs von ca. 9 *m* per Sekunde am Erdboden (stark böiger Wind) bis auf 20 *m* per Sekunde in 1200 *m*, und blieb dann — mindestens bis zur obern Wolkengrenze — nahezu konstant; eine Abnahme bis auf 16 *m* per Sekunde an der obern Wolkengrenze ist angedeutet, kann aber nicht sicher verbürgt werden.

Weiter oben, bis zu 6000 *m* hat die Windgeschwindigkeit nur wenig zugenommen. Die Windrichtung hat innerhalb der ganzen Luftschicht um ungefähr 45°, von WSW bis WNW, geschwankt. Nur bei so geringen Unterschieden der Windstärke konnten so regelmässige Wolkenbildungen stattfinden.

Für das Verständnis dieser Wolken liegt die Schwierigkeit also nicht so sehr in der stürmischen horizontalen Luftbewegung als in der starken vertikalen Komponente. Es scheint unzweifelhaft, dass ausschliesslich dynamische Wirkungen der grossen nordischen Zyklone in Betracht kommen. Ähnlich wie sich am 3. Oktober eine Teildepression am Erdboden in Schweden entwickelte, haben wir es hier gewissermassen mit einer Teildepression zu thun, die nicht bis zum Erdboden, sondern nur bis zu 1200 *m* Höhe herabreichte. Man wird sich den Vorgang — im Anschlusse an die Untersuchungen von v. Helmholtz und Brillouin — als eine durch die Geschwindigkeitsunterschiede der Luftschichten entstandene Aufrollung von Diskontinuitätsflächen vorstellen können, welche Brandung, Wirbelbewegung und Luftmischung bedingt. v. Helmholtz hat einen ähnlichen Vorgang bei Gewitterbildung vom Rigi aus beobachtet. Wir haben also zwei durchaus verschiedene Kumulus-Arten zu unterscheiden: den ruhigen, durch Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse am Erdboden bedingten, an die warme Tages- und Jahreszeit gebundenen Kumulus und den hier geschilderten Kumulus. In Analogie zu der Gruppierung der Gewitter wird man diese beiden Arten als Wärme- und als Wirbel-Kumulus bezeichnen können. Ebenso wie bei Gewittern ist trotz der verschiedenen Entstehungsursache die Wirkung — in diesem Falle die Wolkenform — absolut gleich. Die verschiedene Ursache der Kumuli ist zwar nicht unbekannt; sie war insbesondere den englischen Wolkenforschern Cl. Ley und R. Abercromby geläufig, ist aber vielleicht doch bisher nicht genügend beachtet worden. Wenn man die Entwickelung und Umformungen der Wolken verfolgt oder die Höhe misst, dürfte in manchen Fällen die Unterscheidung der beiden Kumulus-Gruppen auch vom Erdboden aus möglich sein. Der durch thermische Ursache entstandene Kumulus wächst sehr langsam an und ist namentlich an seiner täglichen Periode leicht zu erkennen. Charakteristisch für den auf dynamischen Einwirkungen beruhenden Kumulus ist seine Unabhängigkeit von der Tageszeit; es scheint, dass er sich auf breiter Basis und meist sehr schnell entwickelt. Von unten ist dann die reine Kumulus-Form nur verhältnismässig kurze Zeit erkennbar; bald ist nahezu der ganze Himmel bedeckt und damit die Möglichkeit einer richtigen Bezeichnung genommen. Der Wirbel-Kumulus hat im allgemeinen eine grössere Höhe, unter ihm liegen häufig lose Schicht- oder Mischungswolken.«

Messungen der Wolkenhöhe in Norwegen 1896—1897. Die während des internationalen Wolkenjahres zu Bossekop (69° 57.5′

nördl. Br., 23° 15′ östl. L. Gr.) ausgeführten direkten Messungen der Wolkenhöhen sind in einer Bearbeitung von N. J. Föyn vom norwegischen meteorologischen Institut herausgegeben worden.[1]) Die Messungen geschahen mit Theodoliten an zwei 1179 *m* voneinander entfernten Stationen.

Folgende Höhen wurden erhalten:

	Höhen in *km*			Geschwindigkeit in *m* p. s.		
	Juni-Sept.	Max.	Min.	Juni-Sept.	Max.	Min.
Ci	8.32	11.79	5.56	18.5	59	3
Ci-S	6.61	10.39	3.29	17.8	39	2
Ci-Ku . . .	5.35	8.39	2.24	10.8	24	1
A-S	4.65	6.20	2.88	13.0	—	—
A-Ku	3.42	6.66	1.88	10.7	37	3
S-Ku	1.34	3.21	0.35	5.4	12	2
N	0.98	3.12	0.20	5.9	10	—
Ku_a	2.16	4.82	0.60	7.2	18	1
Ku_b	1.32	2.93	0.34	7.2	13	3
$Ku\text{-}N_a$ . . .	3.96	9.02	1.48	—	—	—
$Ku\text{-}N_b$ . . .	2.04	3.03	0.83	—	—	—
S	0.66	1.91	0.01	7.0	—	—

Eine tägliche Periode der Höhen lässt sich aus dem Beobachtungsmateriale nur für die untern Wolken erkennen; eine Zunahme der Höhe mit steigender Temperatur ist für Ci, S-Ku, Ku und Ku-N ausgeprägt, jedoch ist dabei zu berücksichtigen, dass nur drei Temperaturgruppen (0—10°, 10—15°, über 15°) unterschieden sind. Um einen Überblick über Geschwindigkeits- und Häufigkeitsverteilung der Wolken in der Vertikalen zu gewinnen, ist folgende Zusammenstellung aus den Tabellen berechnet.

Höhenschicht	Geschwindigkeit	Häufigkeit
0— 2000 *m*	6.5 *m* p. s.	98
2000— 4000	7.3	85
4000— 6000	12.5	44
6000— 8000	15.4	62
8000—10000	19.0	69
10000—12000	24.4	7

Die Häufigkeitsverteilung ist nahezu dieselbe wie über dem Blue Hill: Maxima bei 1400 und 8000 *m*, Minimum bei 5600 *m*.

Ausser den direkten Messungen in Bossekop sind Beobachtungen der Wolkenform, Zugrichtung und scheinbarer Geschwindigkeit dreimal täglich von August 1896 bis Ende Dezember 1897 an folgenden Stationen gemacht:

Lödingen	68° 24′	nördl. Br.	16° 1′	östl. v. Gr.
Trondhjem	63 26		10 22	
Aasnes	60 37		11 58	
Christiania	59 55		10 43	

Das Beobachtungsjournal ist vollständig mitgeteilt und in einer zweiten Tabelle die Häufigkeit der verschiedenen Zugrichtungen der einzelnen Wolkenformen für die warme und kalte Jahreszeit zusammen-

[1]) Christiania 1900. Der Text oben nach dem Berichte von R. Süring in Meteorologischer Zeitschrift 1900. p. 429.

gestellt. Dieser Tabelle sind folgende Angaben entnommen; die Zugrichtung ist in Graden angegeben, von 0° als S im Sinne des Uhrzeigers bis 360° zählend.

Mittlere Zugrichtungen der Wolken.

Station	Ci	Ci-S	Ci-Ku	A-S	A-Ku	S-Ku	N	Ku	Ku-N	S
1. Warme Jahreszeit (April—September):										
Bossekop[1]) . .	79	78	88	—	64	79	131	73	—	48
Lödingen . . .	19	38	13	—	—	33	—	10	—	50
Trondhjem . .	58	76	50	36	54	56	84	31	73	49
Aasnes	69	77	82	—	68	170	352	55	2	357
Christiania . .	88	69	69	139	82	311	343	—	—	—
2. Kalte Jahreszeit (Oktober—März):										
Lödingen . . .	73	18	31	—	—	38	44	53	358	34
Trondhjem . .	111	72	100	89	75	76	99	19	112	80
Aasnes	130	99	114	—	110	54	43	—	—	73
Christiania . .	139	97	109	100	129	139	314	—	—	—

Beobachtungen der Wolken in Manila, während des internationalen Wolkenjahres. Die vom Observatorium in Manila in spanischer Sprache publizierten Ergebnisse der Beobachtungen und trigonometrischen Höhenmessungen der Wolken auf den Philippinischen Inseln sind von Dr. P. Bergholz einer sorgfältigen und vergleichenden Analyse unterworfen und damit auch den deutschen Meteorologen allgemeiner zugänglich geworden.[2])

In dem Werke selbst ist die von der internationalen Kommission festgesetzte Einteilung und Benennung der Wolken durchgeführt. Als hohe Wolken werden betrachtet: Cirrus und Cirro-Stratus; als mittelhohe: Cirro-Kumulus, Alto-Kumulus, Alto-Stratus, Kumulo-Nimbus; als untere: Kumulus, Nimbus, Stratus, Strato-Kumulus. Teilt man das Jahr in drei Perioden: I. Dezember—März, II. April—November, III. Juni—September, so ergeben die Beobachtungen Juni 1896 — Mai 1897 folgende Mittelwerte:

	Höhe in *km*	Zugrichtung	Geschwindigkeit in *m* per Sekunde
a) hohe Wolken:			
I. Gruppe	11.15	S 15.5° W	10.5
II. »	10.16	N 45° O	14.5
III. »	11.98	N 62° O	14.6
b) mittelhohe Wolken:			
I. Gruppe	5.67	S 42° O	5.0
II. »	5.08	S 84° O	5.1
III. »	6.14	S 49° O	9.2
c) untere Wolken:			
I. Gruppe	1.88	N 79° O	7.0
II. »	1.68	N 67° O	4.6
III. »	1.68	S 18° W	5 3

[1]) Beobachtungen von Juni—September.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1900. p 106.

Der Einfluss der täglichen und jährlichen Wärmeschwankung auf der Höhe der Wolken kommt am kräftigsten in der Höhe des Ku. und Ku.-N. zum Ausdrucke. Folgende Tabelle enthält die Mittelwerte für die Höhen in den Stunden 8^h — 12^h a., 12^h — 4^h p., 4^h — 8^h p. in *km*:

Form	April—September				Oktober—März			
	8—12a.	12—4p.	4—8p.	Mittel	8—12a.	12—4p.	4—8p.	Mittel
Cirrus	10.68	11.44	11.28	11.13	11.20	11.18	9.51	10.63
Cirro-Stratus . .	11.31	15.81	11.78	12.97	10.52	12.87	11.52	11.64
Cirro-Kumulus . .	6.59	6.03	7.85	6.82	5.56	5.78	7.93	6.42
Alto-Stratus . .	2.31	4.76	5.83	4.30	—	—	3.90	—
Alto-Kumulus . .	5.23	5.74	6.15	5.71	4.88	4.19	4.85	4.64
Strato-Kumulus .	2.00	—	1.81	1.90	2.35	—	2.29	2.32
Nimbus	1.55	—	1.21	1.38	1.24	1.63	1.60	1.49
Kumulus	1.62	1.94	1.95	1.84	1.79	1.83	1.84	1.82
Kumulo-Nimbus .	5.19	9.83	4.35	6.45	3.26	2.11	4.04	3.14
Stratus	1.05	0.95	1.20	1.06	—	—	—	—

Die grössten Geschwindigkeiten haben die hohen Wolken. Bemerkenswert ist die geringe Geschwindigkeit der Ci.-Ku. und A.-Ku. Es ist denkbar, bemerkt Dr. Bergholz, dass die kleinere Komponente ihrer absoluten Geschwindigkeit vertikal ist. Dann liesse sich mutmassen, dass die Ci.-Ku. und A.-Ku. aus der aufsteigenden Bewegung der Ku. hervorgehen, diese aufsteigende Bewegung nimmt mit der Höhe ab.

Die grösste Geschwindigkeit der hohen Wolken fällt auf den Nachmittag, die der untern Wolken um den Mittag herum, zur Zeit, wenn die höhere Temperatur den Aufstieg am meisten begünstigt.

Die grössten Höhen der hohen Wolken treten im Juni auf (Maximum 20.4 *km* für Cirrus), die grösste Höhe im allgemeinen in den Monaten der Gruppe III. Den grössten Geschwindigkeiten der untern Wolken begegnet man in den Monatsgruppen I und II, den grössten Geschwindigkeiten der mittelhohen Wolken aber in den Monaten der Gruppe III.

Die Temperatur der untern Schichten der Atmosphäre scheint allein auf die Wolken aus den unter Tags aufsteigenden Strömen von Einfluss zu sein.

Mittlere Höhe in *km* bei verschiedenen Temperaturen.

C°	Ci.	Ci.-S.	Ci.-Ku.	A.-S.	A.-Ku.	S.-Ku.	N.	Ku.	Ku.-N.	S.
17—27°	9.7	11.1	6.4	7.1	4.8	2.3	—	1.6	3.3	—
27—37°	10.8	11.3	6.3	4.3	5.1	1.9	1.5	1.8	5.0	1.0

Die Beziehung zwischen Wolkenhöhe und Luftdruck gelangt wenig zum Ausdrucke. In den Monatsgruppen II und III erscheinen die grössern Höhen der hohen Wolken bei den niedrigern Barometerständen, während die niedrigen Wolken bei höherem Barometerstande in der Gruppe II die geringere Höhe zeigen.

In den Monaten der zweiten und dritten Gruppe kommen die hohen Wolken aus dem ersten Quadranten, fast aus O, dies stimmt mit den direkten Beobachtungen völlig überein. Die mittelhohen und untern Wolken haben grösstenteils auch dieselben Richtungen. Von grossem Einflusse sind dabei die Ku.-N., die, wenn sie ihrer Höhe wegen auch den mittelhohen Wolken beigezählt werden müssen, doch ihren Eigenschaften nach zu den untern Wolken gehören.

Die Ku. kommen in den Monaten der II. und III. Gruppe vorzugsweise aus dem zweiten Quadranten, das deutet darauf hin, dass sie während dieser Zeit vom SO-Passat beeinflusst werden. In der ersten Monatsgruppe bestimmt der NO-Passat ihre Richtung. Dieses Verhalten der Wolken bestätigt die in dem Werke Baguios ó Ciclones bereits ausgesprochene Behauptung, dass von einem SW-Monsun im Gebiete der Philippinen keine Rede sein kann. Wenn auch die gewählte Tabelle nicht so klar wie die nach den Monatsgruppen zusammengestellte diese Thatsachen erkennen lässt, so treten sie aber doch hinreichend klar hervor.

Die mittlern Geschwindigkeiten scheinen im Verhältnisse der Höhen zuzunehmen, doch ist die Anzahl der Beobachtungen nicht gross genug, um sichere Resultate zu verbürgen.

In der Periode vom April bis September, die die Taifunzeit einschliesst, kommen die Strömungen über 5000 *m* aus Richtungen zwischen NO und O, die Strömungen unter 5000 *m* hingegen aus Richtungen zwischen S und OSO. In dem Zeitabschnitte vom Oktober bis zum März haben die hohen und niedrigen Strömungen Richtungen zwischen NO und SSO.

17. Niederschläge.

Über den täglichen Gang der Sommerregen bei verschiedenen Wetterlagen hat Dr. E. Less eine beachtenswerte Untersuchung veröffentlicht.[1]) Er erörtert zunächst die Regenverteilung an den Sommertagen mit starken und mit schwächern Regenfällen für Berlin und ein paar andere Orte, sodann den täglichen Gang für die verschiedenen Windrichtungen. Im Anschlusss an die letztern Betrachtungen werden ferner noch mehrere besondere Luftdruckverteilungen und die ihnen entsprechende Verteilung des Regens auf die Hauptabschnitte des Tages erörtert.

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1900. Februar. p. 49.

Less findet, dass das Nachmittagsmaximum im täglichen Gange der Sommerregen überall um so später eintritt, einen je grössern Anteil an denselben die starken, auf eine Übersättigung folgenden Regenfälle haben, und dass man daher schon allein aus der Zeit dieses Maximums einen Rückschluss auf die Natur der Niederschläge ziehen kann. »Für Wien berechnete Hann aus siebenjährigen Registrierungen die Zeit des Hauptmaximums im Sommer um 7 bis 8 Uhr nachmittags, während ihm eine frühere, kürzere Beobachtungsreihe dasselbe zwischen 2 und 4 Uhr nachmittags ergeben hatte. Jedoch auch die einzelnen Jahre der neuern Reihe zeigten fast ausnahmslos das Abendmaximum, und ein solches wiesen auch die Intensität und die Häufigkeit der Regenfälle, sowie die Häufigkeit aller schwerern Regen auf. Ein ähnliches spätes Maximum findet sich in Klagenfurt und in Bern, an ersterem Orte daneben ein scharf ausgesprochenes sekundäres Maximum am Nachmittage. In Basel tritt nach der Untersuchung Riggenbach's ein Maximum des Regenfalles um 5—6 Uhr nachmittags zugleich mit dem Maximum der Gewitterhäufigkeit während derselben Jahre, ein noch etwas grösseres Maximum erst um 11—12 Uhr nachmittags und ein drittes um 7—8 Uhr morgens ein; doch sind hier mit dem eigentlichen Sommer die Monate April, Mai und September zusammengefasst, in denen überall die nächtlichen Regen mehr zur Geltung gelangen. Nach allem kann aber, wie schon Hann bemerkt, das späte Abendmaximum der Regenmenge durchaus keine so lokale Erscheinung sein, sondern es tritt wahrscheinlich sehr verbreitet auf, und man wird daher schliessen können, dass die Übersättigung der Luft mit Wasserdampf, auf welche dasselbe dieser Untersuchung zufolge mit grösster Wahrscheinlichkeit zurückgeführt werden muss, ein sehr viel häufigeres und bedeutungsvolleres Vorkommnis ist, als bisher im allgemeinen wohl angenommen wurde.«

Was den täglichen Gang der Niederschläge an Tagen ohne Platzregen, d. h. an gewöhnlichen Regentagen betrifft, so findet Less für Berlin, dass es bei den nördlichen Winden viel mehr und viel häufiger am Vormittage, bei den südlichen hingegen am Nachmittage regnet; der Unterschied in den Eintrittszeiten des täglichen Maximums beträgt bei der Regenhöhe wie bei der Regenhäufigkeit volle vier Stunden. »Dies wird jedenfalls zum Teil eine Folge der bekannten Thatsache sein, dass die das Regenwetter mit sich bringenden Barometerdepressionen in ihrer grossen Mehrzahl nördlich an Berlin vorüberziehen, so dass ihnen hier südwestliche Winde vorangehen und nordwestliche nachfolgen müssen. Denn erfolgt der Vorübergang einer solchen Depression am Vormittage, so wird demnach für den ganzen Tag, weil die SW-Winde oft schon am vorhergehenden Tage begannen, ein Vorherrschen von nordwestlichen, und erfolgt derselbe am Nachmittage, so wird ein Vorherrschen von südwestlichen Winden zu erwarten sein. »Da indessen der Umfang der einzelnen Barometerdepression, zumal im Sommer, nur in den

seltenern Fällen gross genug ist, um bei schnellem Fortschreiten die Windrichtung an einem Orte vom Morgen bis zum Abende zu beherrschen, so erschien diese Erklärung für so bedeutende Unterschiede in der Regenverteilung bei nördlichen und südlichen Winden nicht ausreichend, sondern Less glaubt, dieselben wenigstens zum Teil, in Übereinstimmung mit seinen täglichen Beobachtungen, auch auf die verschiedenartige Einwirkung weiter entfernter Minima zurückführen zu können, welche sich öfter an den gleichen Stellen wiederfinden.

»Es liegt,« sagt Dr. Less, »auf der Hand, dass man hieraus für die Vorausbestimmung der in nächster Zukunft zu erwartenden Witterung in manchen Fällen einigen Vorteil ziehen kann. Wenn z. B. nach einem trockenen Vormittage im Sommer bei südwestlichen Winden Barometer und Wolken innerhalb der nächsten 24 Stunden Regen erwarten lassen, und man dann auf der Wetterkarte von 8 Uhr morgens ein Minimum nördlich von Schottland findet, so wird man mit grosser Wahrscheinlichkeit darauf rechnen können, dass der Regen noch vor Mitternacht fällt, und das Minimum nordostwärts weiterzieht. Wenn anderseits an einem Regentage mit NW-Winden und geringen barometrischen Änderungen, an dem ein flaches Minimum über Westrussland lagert, das Wetter bald nach Mittag sich aufzuklären beginnt, so ist es gleichwohl wahrscheinlich, dass der Regen am nächsten Morgen oder in den Vormittagsstunden sich weiter fortsetzen wird.

Aber auch für Untersuchungen mehr theoretischer Art dürfte das gewonnene Ergebnis nicht ohne Bedeutung sein. Denn wenn sogar bei solchen Barometerdepressionen, welche sich im Laufe des Tages uns weder erheblich nähern, noch von uns entfernen, sich grössere Unterschiede im täglichen Gange der Niederschläge bemerkbar machen, so wird man daraus schliessen müssen, dass die letztern hauptsächlich sekundären Depressionen zuzuschreiben sind, deren Entwickelung bei jeder Gruppe der Minima in der Regel in derselben Gegend und um dieselbe Tageszeit erfolgt. Um diese Folgerung weiter zu prüfen, hat Less für die ausgewählten Fälle der sieben Gruppen nach den Wetterberichten der Deutschen Seewarte gezählt, wie oft von den deutschen Stationen um 8^h a., um 2^h p. und 8^h p. Regen gemeldet worden war. Diese Zahlen, dividiert durch die Gesamtzahl der Beobachtungen, ergaben sodann die Grösse, welche Köppen als »absolute Regenwahrscheinlichkeit« bezeichnet hat. Dieselbe wurde für die Gebiete der Nordseeküste, Ostseeküste, des norddeutschen Binnenlandes und Süddeutschlands getrennt berechnet, welche, soweit keine Nachrichten fehlen, um 8^h a. und 8^h p. bezw. mit 6, 7, 8 und 7, um 2^h p. freilich nur mit 4, 4, 3 und 2 Stationen an der telegraphischen Berichterstattung beteiligt sind. Die folgende Tabelle enthält die absoluten Regenwahrscheinlichkeiten jeder Gruppe.

Absolute Regenwahrscheinlichkeit in Deutschland für Tage, an denen zu Berlin mehr als 2 (aber in keiner Stunde mehr als 5) *mm* Regen fielen.

	Nordsee			Ostsee			norddeutsches Binnenland			Süddeutschland		
	8a.	2p.	8p.	8a.	2p.	8p.	8a.	2p.	8p.	8a.	2p.	8p.
1. Min. W v. Irland oder Schottland	0.24	0.11	0.07	0.11	0.16	0.14	0.08	0.29	0.15	0.09	0.10	0.03
2. Min. bei Schottl. od. Norwegen nach NO .	0.25	0.09	0.05	0.13	0.11	0.09	0.08	0.11	0.16	0.20	0.05	0.16
3. Min. bei Schottl. od. Norwegen, stationär .	0.17	0.00	0.07	0.03	0.15	0.26	0.13	0.14	0.03	0.11	0.30	0.06
4. Min. auf d. Nordsee .	0.20	0.06	0.15	0.10	0.14	0.16	0.07	0.12	0.08	0.11	0.00	0.08
5. Min. bei Dänemark.	0.22	0.14	0.16	0.22	0.17	0.16	0.16	0.08	0.09	0.17	0.22	0.05
6. Min. bei Finnland .	0.16	0.10	0.12	0.15	0.12	0.10	0.20	0.19	0.13	0.02	0.21	0.04
7. Min. bei Westrussl.	0.08	0.04	0.06	0.12	0.11	0.03	0.20	0.21	0.11	0.14	0.07	0.09

»In den ersten vier Gruppen schreiten die Regenfälle deutlich ostwärts oder nordostwärts fort, während ihre Verbreitung mit geringerer Bestimmtheit in der 6. und vielleicht auch der 5. Gruppe nordsüdlich, in der 7. etwa von NO nach SW erfolgt. Im allgemeinen ist die Regenwahrscheinlichkeit an der Küste etwas grösser als im Binnenlande, nur in den Gruppen 6 und 7 ist sie im norddeutschen Binnenlande entschieden am grössten. Jedenfalls scheint auch aus dieser Zusammenstellung hervorzugehen, dass bei den typischen Barometerdepressionen im Sommer sehr häufig Teilminima zur Ausbildung gelangen, welche auch ihrerseits an ziemlich bestimmte Lagen und Zugstrassen gebunden sind. Nicht selten findet man dieselben, wie in allen fünf Fällen der Gruppe 3 schon in der Wetterkarte von 8^h a.; in denjenigen Fällen aber, wenn sie erst im Laufe des Tages entstehen oder nicht genügende Tiefe besitzen, um in dem weitmaschigen Stationsnetze unserer synoptischen Wetterkarten erkannt zu werden, dürfte die zeitliche Verfolgung der durch sie verursachten Niederschläge ähnlich wie diejenige der Gewitter ein nützliches Hilfsmittel zur Bestimmung ihrer Bahnen sein.«

Die Regenverhältnisse der Provinz Ostpreussen sind von Prof. G. Hellmann tabellarisch und kartographisch dargestellt worden.[1]) In einer Tabelle giebt er die zehnjährigen Mittel (1889—1898) von 178 ostpreussischen Orten, auf deren Daten die Karte beruht. Dieselbe zeigt klar, dass in einem Flachlande schon kleine Bodenerhebungen auf das Ausmass und die Verteilung der Niederschläge einen merklichen Einfluss ausüben. Für ganz Ostpreussen ist eine

[1]) Regenkarte von Ostpreussen. Mit erläuterndem Text und Tabellen von G. Hellmann, Berlin 1900.

mittlere Niederschlagshöhe von rund 600 *mm* anzunehmen. Der Vergleich mit 51 jährigen Mittelwerten einer Anzahl von Stationen zeigt, dass die obigen zehnjährigen Mittel (1889—1898) etwas zu hoch sind, diese Periode also zu nass war. Die Schwankungen der Niederschlagsmengen von Jahr zu Jahr sind überhaupt gross und erfolgen nach Gesetzen, die wir noch nicht kennen. Das absolute Tagesmaximum des Regens ist auf 70—90 *mm* zu veranschlagen, ja es kann überall, am häufigsten in den binnenländischen Kreisen eine Tagesmenge von 100 *mm* und darüber vorkommen, die indessen an einem und demselben Orte alle 50 Jahre kaum einmal zu erwarten ist. Die absolut grösste Regenmenge fiel 1898 am 10. Juli zu Goldap bei einem Gewitter und betrug 144 *mm*.

18. Winde und Stürme.

Eine Beziehung zwischen Tornados und den Gezeiten im Meerbusen von Guinea wird von Korv.-Kapitän Graf v. Oriola behauptet.[1])

»Im Gebiete des Kamerun-Flusses konnte mit grosser Regelmässigkeit wahrgenommen werden, dass die in der Übergangszeit besonders zahlreichen Tornados nie vor Beginn der Ebbe eintraten, meistens dagegen unmittelbar mit dem Einsetzen der letztern oder kurz nachher. Es liess sich deutlich beobachten, wie die den Tornado begleitende eigentümliche Wolkenfiguration während der Flut ihre Stellung am Horizonte nicht veränderte, während sie bei Ebbe mit grosser Geschwindigkeit heraufrückte. Abgesehen von dem meteorologischen Interesse, dass die Erscheinung bietet, ist sie von praktischem Werte speziell für das Einlaufen in den Kamerun-Fluss insofern, als die Tornados von äusserst heftigen Regengüssen begleitet sind, die die Sichtigkeit der Luft auf ein Minimum reduzieren und für das Auffinden der Bojen oder Landmarken höchst unbequem sind. Droht daher ein Tornado, so ist nach den bisherigen Erfahrungen anzuraten, womöglich vor Eintritt der Ebbe das schmale Fahrwasser zu passieren.

Aber nicht nur im Flussgebiete, sondern auch an der offenen Küste wurde bei jeder Gelegenheit beobachtet, dass Tornados und Flutwechsel zeitlich im Zusammenhange stehen, so z. B. bei Viktoria, Fernando Po, Kap Lopez und Princess Island. Teilweise wurden die eigenen Beobachtungen durch Aussagen von europäischen Küstenbewohnern bestätigt gefunden.«

Die Trombe von Boras. Am 3. Juli 1899 trat in der Nähe der genannten Stadt in Westgotland (Schweden) in den Nachmittagsstunden nach einem Gewitter eine Trombe auf, welche grosse Verheerungen anrichtete. M. Jansson hat die Gegend besucht und über das Auftreten der Trombe Material gesammelt.[2]) Nach den Berichten

[1]) Annalen der Hydrographie 1900 p. 258.
[2]) Bihang till k. Svenska Vet.-Acad. Handlingar 26. Afd. I. No. 3.

von Augenzeugen sah man eine Wolke wie ein Schlauch zur Erde sich herabsenken, welche Bäume entwurzelte und beim Überschreiten eines kleinen Sees, dessen Wasser wie eine Säule emporzog. Nachdem das Phänomen den See überschritten hatte, brach es in einen Wald ein und warf auf seinem Wege, in einer Breite von 40 *m* sämtliche Bäume um. Rechts von dieser Strasse zeigten die Bäume bis 260 *m* Entfernung Verwüstungen, links nur bis zu 150 *m*. Jansson hat von den Waldverwüstungen zwei Photographien aufgenommen (Taf. IV); man erkennt auf denselben, dass die Bäume beiderseits schräg nach innen in die Bahn der Trombe geworfen worden sind. Einige Beobachter sahen, dass die Trombe rotierte, im entgegengesetzten Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers. Nachdem die Trombe auch noch den See Viared überschritten hatte, verlor sie ihre Intensität. Die Dimensionen der Trombe waren beträchtlich, so dass sie Jansson für einen kleinen Tornado erklärt. Nahe dem Zentrum ihrer Bahn war ihre Gewalt so bedeutend, dass sie kleine Bäume mit der Wurzel und dem daran haftenden Erdreiche ausriss und mehrere Meter weit forttrug, so dass innerhalb derselben ein äusserst starker Auftrieb der Luft stattgefunden haben muss. Jansson macht darauf aufmerksam, dass in dem Bezirke, wo die Trombe auftrat, nach der Isothermenkarte der Wind in der Richtung des thermischen Gradienten wehte, eine Erscheinung, die sich jedesmal, so oft als Tromben in Schweden auftreten, gezeigt habe. Tromben, (Tornados, Böen) sowie Gewitter bilden sich gern bei gleichen Luftzuständen, auch sind beide Phänomene häufig zugleich beobachtet worden.

Über wasserhosenartige Erscheinungen im Golfstrome berichtet Kapitän H. Haltermann[1]) folgendes:

»Im Golfstrome, dem »great weather-breeder« Maurys, verursachen die kalten Nordwestwinde des nordamerikanischen Winters oft sehr sonderbare Erscheinungen, die, soweit bekannt, in andern Meeresteilen kaum vorkommen, und die schon von Prof. Köppen in einer in »Ann. d. Hydr.« 1890. p. 445, veröffentlichten Arbeit genauer untersucht worden sind. Ähnlich dem grossen, an der West- und Nordgrenze des Golfstromes auftretenden Unterschiede in der Wasserwärme, welcher nicht selten während der Fahrt des Schiffes von Viertelstunde zu Viertelstunde 13° beträgt, ist dort im Winter der Unterschied zwischen Luft- und Wasserwärme ein grosser, und gerade dieser macht sich in seinen Folgen dem Auge in eigentümlicher Weise bemerkbar. Durch aufsteigenden Wasserdampf erscheint dann oft die Meeresoberfläche in Nebel gehüllt und, was besonders dabei auffällt, nach allen Richtungen hin zeigen sich Wasserhosen von kleinem Umfange und von geringer Höhe. Dabei weht der Wind fast immer in kurzen Stössen, und es giebt häufige Schnee- und Hagelböen.

Im Januar des Jahres 1897 beobachteten zwei deutsche Schiffe, die Bremer vom Kapt. H. Bandelin geführte Viermastbark »Robert Rickmers« und die Papenburger Bark »Meria«, Kapt. H. Schnieders, dies Dampfen des Meeres und das Auftreten der vielen kleinen Wasserhosen in stark

---

[1]) Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, März 1900. p. 118.

ausgeprägter Weise. Am 23. und 24. Januar hatte sich ein Tiefdruckgebiet über dem Golfstrome nach NO bewegt, und unter dem Einflusse der in seinem südwestlichen Quadranten wehenden kalten Nordwestwinde zeigten sich dann die vorerwähnten Erscheinungen. Im Tagebuche von »Robert Rickmers«, der sich am Mittage des 25. Januar in 36.4° nördl. Br. und 74° westl. L. befand, und auf dem an diesem Tage gleichzeitig die Luftwärme gleich —0.7°, die Wasserwärme gleich +19.8° gemessen wurde, bei Wind NW 6, einem Luftdrucke von 761 *mm* und $^3/_4$ bedecktem Himmel, finden sich folgende Angaben: »Sehr starkes Dampfen des Seewassers. Sehr viele kleine, unbedeutende Windhosen in allen Richtungen.« Als nachmittags die Wasserwärme unter 16° gesunken war, wird im Tagebuche weiter bemerkt: »Das Verdunsten des Seewassers nimmt ab, aber immer noch viele kleine Wasserhosen. Puffige Brise.« Am 26. Januar, an welchem Tage der Nordwestwind die Stärke 7 hatte, die Wasserwärme auf +6°, die Luftwärme auf —3° gesunken war, findet sich im Tagebuche nur die Bemerkung: »Schönes Wetter.«

Die, wie »Robert Rickmers«, nach einem nordamerikanischen Hafen bestimmte Bark »Maria« stand am 25. Januar mittags in 36° nördl. Br. und 71° westl. L. mitten im Golfstrome, wo die Wasserwärme eine gleichmässige und die Luftwärme, wenn auch eine geringe, doch noch weit über 0° war. Das Schiff war näher dem Mittelpunkte des östlich vorübergezogenen Tiefdruckgebietes und stand deshalb unter niedrigerem Luftdrucke, als »Robert Rickmers« gleichzeitig beobachtete. Bei »Maria« war am 25. Januar der Wind NW 8, der Luftdruck 758 *mm*, die Luftwärme 6° und die Wasserwärme 17°, Kapt. Schnieders bemerkt dazu: »Starker Nebel auf dem Wasser, Hagelböen«. Am 26. Januar, als »Maria« nach 37° nördl. Br. und 70° westl. L. gelangt war, wehte Sturm aus NW in Stärke 9, das Barometer zeigte noch auf 758 *mm*, ebenso waren auch Luft- und Wasserwärme der am Vortage beobachteten nahezu gleich geblieben. Heute wie am vorhergehenden Tage war der Himmel ganz bewölkt. Im Tagebuche befinden sich folgende Bemerkungen: »Nebel mit Hagelböen; die Wolken stehen in langen, trichterähnlichen Streifen an verschiedenen Stellen auf dem Wasser und haben das Aussehen von Wasserhosen. Auch der Nebel steigt mitunter auf und erscheint wie ein Wald. Zwischen den Böen ist es flau. Am 27. Januar, als die Luftwärme bei »Maria« auf 12° gestiegen war, finden sich im Tagebuche keine Bemerkungen ähnlicher Art mehr. Während der letzten Hälfte des Monates Januar wurden auch sonst noch in diesem Teile des Atlantischen Ozeans niedrige Lufttemperaturen beobachtet. So wurde am 27. Januar in 44° nördl. Br. und 62° westl. L. die Luftwärme gleich —5° gemessen, doch betrug die Wasserwärme dabei nur 1.8°. Am 22. Januar hatte die Luft in 45° nördl. Br. und 46° westl. L. eine Wärme von —5° und gleichzeitig in 41° nördl. Br. und 49° westl. L. eine solche von —1°. An beiden Orten wehte zur Zeit ein kräftiger Nordwind.

Auch während des folgenden Monates beobachteten Mitarbeiter der Seewarte Erscheinungen der vorher beschriebenen Art. Kapt. G. Schmidt, vom Hamburger Dampfer »Prussia«, berichtet darüber Folgendes in seinem Tagebuche: »Am 20. Februar in 41° nördl. Br. und 60° westl. L., Wind NW 9, Luftdruck 761.5 *mm*, Luftwärme —1.5° und Wasserwärme 15 , Hagel- und Schneeböen. Beobachteten den ganzen Tag Windhosen an der Grenze der Hagel- und Schneeböen. Sie erschienen vom Schiffe wie starke, grauschwarze Dampfwolken und mochten einen Durchmesser von 20—30 *m* haben. Die Hose unter den Wolken war bald trichterförmig, bald bandähnlich, bald mit einer krummen, bald mit einer gebrochenen Linie vergleichbar. Die Bewegung in den Hosen war rechts drehend; viele liefen so schnell wie der Wind; andere blieben hinter ihm zurück. Der Himmel war zu drei Zehnteln bewölkt.« Auch »Prussia« befand sich damals in dem hintern Teile eines Tiefdruckgebietes. Am 19. Februar hatte das

Barometer auf 748.0 *mm* gezeigt, um 8 Uhr morgens des 20. Februar war ein Stand von 752 0 *mm* abgelesen worden.

Ganz ähnliche Erscheinungen, wie die im Vorstehenden beschriebenen, wurden übrigens schon im Januar des Jahres 1862 von einem der jetzt an der Seewarte angestellten Beamten beobachtet und beschrieben. Es geschah dies, als sich das nach Baltimore bestimmte Bremer Schiff »Neptun«, Kapt. M. Bahle, nahe am westlichen Rande des Golfstromes, nicht weit von seinem Bestimmungsorte entfernt, befand. Auch hier war auf vorher wehenden warmen Südwestwind ein stürmischer, kalter Nordwest gefolgt, bei dem das an den vorhergehenden Tagen sehr niedrig stehende Barometer allmählich einen höchsten Stand von ungefähr 780 *mm* erreichte. Es wurden damals folgende Bemerkungen niedergeschrieben: »Der Wind lief westlicher und brachte kühles, heiteres Wetter. Je mehr indessen der Himmel abklarte, um so stärker begann es zu wehen, und schliesslich wehte aus Nordwest voller Sturm, der jedoch merkwürdigerweise immer nur in Stössen auftrat. Man konnte die Windstösse schon vorher bemerken, denn sie warfen das weisse Wasser vor sich her, als ob es von einer Wasserhose emporgehoben würde. Die ganze Erscheinung hatte in der That so sehr das Aussehen einer Wasserhose und war auf einen solch kleinen Raum beschränkt, dass Verf. geneigt war, sie wenigstens als von kleinen, äusserst heftigen Wirbelwinden herrührend, anzusehen. Auf dem Wasser sausten sie mit der grössten Schnelligkeit dahin.«

Die Orkane der Philippinen besprach Dr. P. Bergholz auf Grund des Buches von P. Algué, welcher unter dem Titel: »Baguios ó Ciclones Filipinos« das umfangreiche Material, das bis dahin über die Tropenorkane von den grossen Observatorien in Manila, Shanghai, Hongkong und Tokio zusammengebracht hat, in geschickter Weise zu einem Ganzen verarbeitet. Besonders zahlreich mussten die in Manila gesammelten Beobachtungen sein, weil sich wohl kaum eine grössere atmosphärische Störung in den Gewässern des »Fernen Ostens« ausbildet, die sich nicht auch auf den Philippinen geltend macht. In dem Buche sind — wie das dem Zwecke, der ja ein rein praktischer sein soll, entspricht — die allgemeinen Gesichtspunkte, welche sich für die Bildungsstätten, die Bahnen und die Zonen der Orkane ergeben, zerstreut. Wir wollen hier auf diese etwas näher eingehen, können aber naturgemäss das grosse Tabellenmaterial, die Belege, nicht mitteilen.

Nach Viñes vereinen die Zyklonengegenden der Tropen in sich in mehr oder weniger ausgeprägter Weise folgende geographische Bedingungen:

An grosse, an Meerbusen und Buchten reiche Festlandmassen im W, deren Küsten von N nach S verlaufen, schliessen sich im O weite ausgedehnte Meere, die mit Inseln übersäet sind. Diese Bedingungen sind mehr oder weniger vollständig in den Zyklonengegenden Zentralamerikas, der Philippinen und der Chinasee, der Meere Indiens und auf der südlichen Halbkugel des südlichen Afrikas mit den benachbarten Inseln Madagaskar, Mauritius, Rodriguez u. s. w. erfüllt. Für die verschiedenen Jahreszeiten bieten diese Gegenden nicht die gleichen Bedingungen für die Bildung der Zyklonen.

Um die Orkane Ostasiens bis zu ihrer Ursprungsstätte verfolgen zu können, mussten erst Beobachtungen von den Karolinen,

den Marianen und den östlich von Mindanao gelegenen Meeresteilen vorliegen, Beobachtungen, die erst in den letzten Jahren in ergiebigerem Masse gemacht worden sind.

Gruppiert man die Zugstrassen der von 1878 an genauer bekannten Orkane nach Monaten, so erkennt man nicht nur die tropischen Bildungsstätten, man findet auch, dass die Orkane gewisser Monatsgruppen in ihren Zugstrassen und ihren Bildungsstätten viele Ähnlichkeit haben. Allerdings lassen sich scharfe Grenzen nicht ziehen, da die Orkane der benachbarten Monate, wie z. B. des September und des Oktober, sich in ihrer Bahnrichtung und in ihrem Ursprunge naturgemäss sehr nahe stehen müssen. Wenn wir aber hieran in entsprechenden Fällen denken, so kann man die Orkane in drei Monatsgruppen, von denen die erste die Monate Dezember bis März, die zweite die Monate April, Mai, Oktober und November, die dritte die übrigen Monate des Jahres, die sogenannten Taifunmonate, umfasst, bringen.

Die Bildungsstätte weitaus des grössten Teiles aller Tropenzyklonen liegt östlich der Philippinen, es bilden sich noch viele von ihnen südlich des 10. Breitengrades, aber keine nördlich des 20.

In der ersten Monatsgruppe des Jahres entsteht der grössere Teil der Orkane in niedern Breiten als 10°, nur Anfang Dezember und Ausgang März verschiebt sich die Bildungsstätte etwas weiter nach N, so dass sie für die Gruppe zwischen die Breiten 5° und 12° und die Längengrade 145° und 143° zu verlegen ist.

Das Bildungsgebiet der Zyklonen erstreckt sich in der zweiten Monatsgruppe von 17—6° nördl. Br. und von 142—129° östl. L. v. Greenw. In der dritten Monatsgruppe ergeben sich als Grenzen 20° und 8° nördl. Br. und 139° und 126° östl. L. v. Greenw. Zieht man die Isobaren- und Isothermenkarten, die dem »Boletin Mensual« des Observatoriums in Manila, Jahrgang 1894, entnommen sind, zu Rate, so findet man, dass die Ursprungsstätten in der ersten Monatsgruppe zwischen den Isobaren 757 und 759 *mm* und den Isothermen 27° und 30° liegen. Für die zweite Monatsgruppe finden wir dieselben Isobaren und die Isothermen 28° und 30° als Grenzen. Im September liegt die Bildungszone in der Isobare 757 *mm*, in den übrigen Monaten der dritten Gruppe zwischen 757 und 759 *mm*. In allen Monaten dieser Gruppe treffen wir auf die Isothermen 28 und 29°.

Darnach bilden sich die Orkane in Gebieten, in denen weder der barische, noch der thermische Gradient eine nennenswerte Grösse besitzt, also in einer Art von neutralen Zone.

Die Bildungsstätten wandern vom Februar bis zum Juli und August nach NNW, um dann bis zum Januar wieder nach SSO zurückzuwandern. Diese Wanderung lässt eine Beziehung zwischen der Deklination der Sonne und den Ursprungsstätten der Zyklonen erkennen.

Die Bahnen der Tropenorkane Ostasiens lassen sich in zwei

grosse Abteilungen bringen: in die Bahnen der Orkane des Stillen Ozeans und in die Bahnen der Orkane der Chinasee. Erstere schneiden den 130.° östl. L. v. Greenw. nicht, die Orkane der Chinasee aber durchschneiden diesen Meridian oder bilden sich zufällig in der Chinasee selbst.

Bahnen der Orkane des Stillen Ozeans.

	Monat	Neigung des 1. Astes[1])	Mittl. Breite des Scheitels der Parabel	Neigung des 2. Astes
1. Gruppe . . .	Dezember, Januar, Februar, März	NNW	15—19°	NNO
2. Gruppe . . .	April, Mai, Oktober, November	NW	16—21°	NO
3. Gruppe . . .	Juni, Juli, August, September	NWzN	21—25°	NOzN

Im allgemeinen haben alle Bahnen dieser Orkane eine parabolische Form. Die mittlere Neigung der Zugstrassen ist beim Durchschneiden der Breite von Manila (14° 35′) viel grösser als die mittlere Neigung im ersten Ast. Besonders auffallend ist dies in den Monaten der ersten Gruppe, dies hängt wohl damit zusammen, dass die Breite des Scheitels der Zugbahn der Breite von Manila sehr nahe kommt.

Bahnen der Orkane der Chinasee.

Keiner der sich in den Monaten der ersten Monatsgruppe bildenden Orkane dieser Abteilung biegt zurück, hat also eine parabolische Bahn. Möglich ist es immerhin, dass die eine oder andere dieser Zyklonen im Innern des asiatischen Kontinentes zurückbiegt, doch fehlen die Beobachtungen hierfür zur Zeit noch.

Einige Orkane der zweiten Gruppe haben eine parabolische Bahn, sie biegen in der Chinasee im S des Kanales von Formosa zurück, da sich aber der erste Ast ihrer Bahn weniger nach N. neigt, als dies bei den Orkanen des Stillen Ozeans der Fall ist, so vollzieht sich auch ihre Rückbiegung in niedern Breiten als bei jenen Orkanen.

Viel häufiger biegen die Orkane zurück, welche den eigentlichen Taifunmonaten angehören oder zur dritten Gruppe gezählt werden, sie erreichen auch viel höhere Breiten. Die zurückbiegenden Orkane der dritten Gruppe stehen in ihren Eigenschaften den Orkanen des Stillen Ozeans derselben Gruppe sehr nahe. Folgen wir dem Verlaufe der Zugstrassen der Orkane, der Chinasee, die nicht zurückbiegen, so ergiebt sich:

[1]) Beim Durchschneiden der Breite von Manila.

Die Orkane, welche sich in den Monaten Dezember bis März bilden, haben von Anfang an eine Richtung WzN, die sie auch auf ihrem Zuge durch den südlichen Teil der Chinasee beibehalten. Sie landen im Dezember und Januar auf dem Kontinente in Französisch-Cochinchina und dem südlichen Anam, und im Februar und April etwas nördlicher, fast ausschliesslich in Anam. Demnach liegt der Ursprung dieser Orkane zwischen 5° und 12°, ihre Landungsstelle aber zwischen 8° und 15° (Zone dieser Orkane).

Die Orkane des April und Mai schlagen eine Richtung NWzW ein, sie landen im April im nördlichen Anam, im Mai im Golfe von Tonkin und der Strasse von Hainan, Ende Mai aber in der Gegend von Macao. Die Oktober-Zyklonen, welche WNW-Richtung einschlagen, erreichen den Kontinent in den ersten Tagen des Monats im N von Hongkong, weiter im Monate aber mehr nach S, im Golfe von Tonkin. Im November ist die Richtung der Orkane wieder WzN und ihre Landungsstelle wieder Anam. Die Ursprungsstätte dieser Gruppe liegt zwischen 6° und 17°, die Landungsstelle zwischen den Breiten 12° und 23°.

Von den Orkanen der dritten Gruppen kommen die Juni-Orkane bei NW-Richtung zwischen Breaker Point und der Strasse von Hainan an die Südküste von China. Einige biegen im S des Kanales von Formosa zurück.

Die Juli-Taifune, die anfangs auch NW-Richtung einschlagen, können in drei Klassen eingeteilt werden. Die der ersten Klasse verlaufen wie die des Juni, die der zweiten landen an der chinesischen Küste zwischen Amoy und Shanghai oder biegen zurück und gehen in NNO-Richtung durch das Gelbe Meer. Die der dritten Klasse endlich biegen Formosa gegenüber zurück und laufen auf das Japanische Meer zu.

Im August bleibt die ursprüngliche Richtung der Zyklonen NW. Sie verhalten sich sonst wie die Juli-Zyklonen. Die September-Orkane haben anfangs die Richtung NWzW, sind aber sonst den Klassen 1 und 3 der Juli-Orkane beizuzählen.

Die Zone für die Orkane der Monate der dritten Gruppe liegt in der Ursprungsstätte der Orkane zwischen 8° und 20° Br., ihre Landungsstätte ist von den Parallelen 30° und 18° eingeschlossen.

Stellt man nun mit Hilfe der Isobarenkarten die Bedingungen fest, unter denen sich die Zyklonen in den verschiedenen Monaten und Gruppen von Monaten bilden, so findet man: Die Zugstrassen der Orkane des Stillen Ozeans der Monatsgruppe 1 liegen in ihrem Ursprunge zwischen den beiden Zentren hohen Druckes, von denen das eine auf dem Kontinente, das andere im Stillen Ozeane liegt, sie laufen auf das Zentrum niedrigen Druckes zu, das einen Teil des Behringsmeeres einnimmt. Die Orkane der Chinasee folgen niedern Breiten, die von den äussersten Isobaren des Zentrums hohen Druckes in Asien erreicht werden. In dem Masse, wie das Zentrum vom Januar zum März sich verflacht und zurückzieht,

rücken auch die äussersten Isobaren nach N vor, und demzufolge gewinnen nun auch die Zugstrassen an Breite.

Die Karten (Isobaren der Monate der zweiten Gruppe) ergeben, dass sich die Orkane des Stillen Ozeans im April und Mai zwischen den äussersten Isobaren der Hochdruckgebiete des Stillen Ozeans und Asiens bewegen.

Die Zugstrassen der Orkane der Chinasee verlaufen südlich der Isobare 760 *mm* des Hochdruckgebietes von Asien auf das Niederdruckgebiet Hindostans zu. Im Oktober und November werden sie in dem Masse, wie sich das Hochdruckgebiet in Asien entwickelt, immer mehr in niedere Breiten gedrängt, immer aber ist auch die Ausbildung des Gebietes niedern Druckes in Hindostan für ihre Bahn massgebend.

Die Orkane des Stillen Ozeans haben für ihren Verlauf, besonders im Oktober, die mächtige Zone zwischen den Philippinen, Japan und der Isobare 760 *mm* des Hochdruckgebietes des Stillen Ozeans. Im November wird die Zone durch die weitere Entwickelung des kontinentalen Hochdruckgebietes schmaler. Die Orkane des Stillen Ozeans dieser Gruppe nehmen ihren Lauf auf die Depression im hohen Norden (im NNO von Manila) zu.

Als charakteristisch für die Monate der dritten Gruppe lässt sich bezeichnen, dass vom Juni bis zum September (wenigstens bis zur Mitte des Monates) das Zentrum hohen Drucks von den Küsten Asiens sich zurückzieht und verschwindet. Hiermit steht im Zusammenhange, dass die Bahnen der Orkane höhere Breiten erreichen, und dass die Orkane des Stillen Ozeans sehr nahe dem 125.° östl. L. v. Greenw. zurückbiegen, also näher den Philippinen als in den frühern Monaten. Eine alleinige Ausnahme machen die Orkane der zweiten Hälfte des Septembers, die 5—8° östlicher ihre Biegung haben. Alle Orkane des Stillen Ozeans haben das nördliche Zentrum niedern Druckes als Endziel. Die Orkane der Chinasee nehmen in dem Grade, wie sich das Hochdruckgebiet des Kontinentes nach N verlagert, also bis Ende August und Anfang September, eine immer mehr nordwärts gerichtete Bahn an, wenn aber um die Mitte des September das Niederdruckgebiet weiter nach S wandert, müssen auch die Bahnen dieser Zyklonen folgen. Einige Orkane des Juli folgen nach ihrer Rückbiegung einer stark nach N gerichteten Bahn, sie durchkreuzen das Gelbe Meer und wandern auf ein kleines Zentrum niedrigen Drucks zu, das sich in Sibirien ausgebildet hat.

19. Elektrische Erscheinungen.

Die täglichen Schwankungen der Luftelektrizität hat A. B. Chauveau seit 1891 in Paris und auf der Spitze des Eiffelturmes beobachtet.[1]) Er findet, dass für die gemässigten Klimate

[1]) Compt. rend. **79**. p. **500**.

zwei verschiedene Typen der täglichen Schwankung der Luftelektrizität in der Nähe des Bodens existieren, der eine in der warmen Jahreszeit und der zweite in der kalten: Im Sommer zeigt sich ein sehr ausgesprochenes Minimum während der warmen Tagesstunden und bildet das Hauptminimum in allen Fällen, in denen der Beobachtungsort nicht genügend frei ist vom Einfluss des Bodens, naher Bäume oder Gebäude; die ganze Tageskurve zeigt eine doppelte Schwankung. Im Winter hingegen wird das Nachmittagsminimum schwächer oder verschwindet, während das Nachtminimum stärker hervortritt; im ganzen scheint die Schwankung eine einfache zu sein mit einem Tagesmaximum und einem Minimum um 4 Uhr morgens. Dieser Charakter ist um so schärfer ausgeprägt, je freier der Beobachtungsort ist.

Dieser Unterschied zwischen dem Winter- und Sommertypus in der Nähe des Bodens wird bekräftigt durch die Beobachtungen, welche einerseits von Lemström zu Sodankylä in Finnland (1883 bis 1884) und anderseits auf dem Observatorium zu Batavia (1887 bis 1895) gemacht worden sind. Jede dieser Stationen giebt sozusagen ein übertriebenes Bild der Schwankungen, welche in der gemässigten Zone während des Winters und während des Sommers beobachtet worden sind.

Die tägliche Schwankung auf dem Gipfel des Eiffelturmes hingegen ist im Sommer vollkommen verschieden von der am Zentralbureau beobachteten: sie zeigt die auffallendste Analogie mit der Winterschwankung. Und ganz der gleiche Wintertypus findet sich, weniger ausgesprochen zwar, aber vollkommen scharf, in dem Mittel, welches die dreimonatlichen Beobachtungen im Sommer 1898 auf dem Observatorium zu Trappes (Höhe 20 *m*) ergeben haben. Er scheint somit überhaupt der charakteristische Typus der Tagesschwankung zu sein, wenn ein Einfluss vom Boden her nicht stattfindet.

An den Stationen hingegen, wo der Kollektor (benutzt wurde ein Thomson'scher Wasserstrahlkollektor) von Gebäuden oder nahen Bäumen beherrscht wird, tritt der dem Sommer entsprechende Typus stärker hervor; das Nachmittagsminimum vertieft sich auf Kosten des Nachtminimums, das zuweilen verschwindet. Die Schwankung kann nun auch eine einfache sein, aber sie ist dann umgekehrt wie die Winterschwankung, d. h. man hat ein Tagesminimum und ein Nachtmaximum. Diese abnorme Form der Tagesschwankung hat Mascart früher aus den Sommerbeobachtungen am College de France abgeleitet; man findet sie ferner in Greenwich, wo der Kollektor unter sehr ungünstigen Verhältnissen aufgestellt ist.

Aus diesen Beobachtungen schliesst Chauveau, dass ein Einfluss des Bodens, der im Sommer am grössten ist und nach Peltier wahrscheinlich vom Wasserdampf herrührt, auf den Gang der täglichen Schwankung störend einwirkt; dass das wahre Gesetz dieser

Schwankung, von dem jede annehmbare Theorie Rechenschaft geben muss, sich in einer einfachen Oszillation zeigt mit einem Maximum am Tage und einem Minimum zwischen 4 und 5 Uhr morgens.

Gewitter ohne Donner. Über diese ausserordentlich seltene Naturerscheinung wird aus Schanghai unterm 14. August geschrieben: Am Donnerstag Abend wurde Schanghai wieder von einem schweren Gewitter heimgesucht, das sich indessen ganz eigentümlich von den Gewittern unterschied, die wir hier sonst so häufig haben. Ich möchte es ein »schweigendes Gewitter« nennen, da es trotz heftiger und fortwährender elektrischer Entladungen fast geräuschlos verlief. Den ganzen Tag hindurch war das Wetter ungewöhnlich schwül und drückend gewesen und so heiss, wie wir es hier nur selten haben. Gegen Abend fiel das Barometer plötzlich bedeutend und der Wind, der bis dahin südlich gewesen war, drehte sich nach Osten. Gleichzeitig zog von Südwesten eine schwarze Wetterwand herauf, die in ganz kurzer Zeit sich bis zum Zenith erstreckte. Auch nach Nordwesten und Nordosten zu standen schwere Gewitterwolken, im übrigen aber war der Himmel so klar, dass wir die meisten Sterne deutlich wahrnehmen konnten. Aus allen Wolken zuckten fortgesetzt heftige Blitze, und gegen $7^1/_2$ Uhr abends überzog sich der ganze Himmel mit einem grauen Wolkenschleier, der aber doch nicht so dicht war, dass wir die hellern Sterne nicht mehr hätten wahrnehmen können. Um 8 Uhr entlud sich dann über uns ein Gewitter, wie wir es in gleicher Heftigkeit in diesem Jahre kaum vorher gehabt hatten. Die Blitze, oft sechs oder sieben, flammten auf allen Seiten des Himmels zu gleicher Zeit auf, und mit den vielen Zweigen, die von ihnen abströmten, glichen sie einem Feuernetze, das unausgesetzt von neuem aufloderte. Das Eigentümlichste aber war, dass diesen Blitzen kein Donner folgte, und nur zuweilen vernahm ich ein Geräusch, das wie weit entfernter Donner klang. Während des Gewitters, das über eine Stunde dauerte, sank die Temperatur nur um wenige Grade. Das Phänomen ist nicht unbekannt, aber ausserordentlich selten.[1])

Die Zunahme der zündenden Blitzschläge, welche zuerst Prof. W. v. Bezold für Bayern nachgewiesen, ist auch von H. v. Zeller für Württemberg erkannt worden.[2]) Derselbe hat zunächst nachgewiesen, dass dort (wie in Preussen und Bayern) die Häufigkeit der Brandfälle in starkem Wachsen begriffen ist, und zwar in stärkerem, als die Zunahme der Gebäudezahl, während die Intensität der Schäden etwas abnimmt. Verf. giebt u. a. für jedes von ihm untersuchte Jahrzehnt die Brandursachen geordnet nach der Zahl der auf je 1 Million Gebäude kommenden Brandfälle in folgender Tabelle:

---

[1]) Das Wetter 1899. p. 264.
[2]) Württemb. Jahrbücher für Statistik u. Landeskunde 1899. Heft 2. Gaea 1900. p. 663.

I. 1861—1870.		III. 1881—1890.	
1. Sonstige Ursachen	114.1	1. Brandstiftung	203.9
2. Brandstiftung	96.2	2. Blitz	152.5
3. Fahrlässigkeit	89.5	3. Sonstige Ursachen	147.1
4. Blitz	87.2	4. Fahrlässigkeit	101.1
5. Zündeln	47.0	5. Zündeln	62.1
6. Explosion	4.5	6. Explosion	8.9
II. 1871—1880.		IV. 1891—1897.	
1. Brandstiftung	157.2	1. Blitz	186.3
2. Sonstige Ursachen	124.2	2. Brandstiftung	184.7
3. Blitz	97.1	3. Fahrlässigkeit	181.4
4. Fahrlässigkeit	69.9	4. Sonstige Ursachen	163.3
5. Zündeln	40.8	5. Zündeln	80.8
6. Explosion	7.8	6. Explosion	21.5

Die Blitzschläge rücken in diesen vier Perioden von der vierten zur ersten Stelle vor; umgekehrt sinken »Sonstige Ursachen« (fehlerhafte Feuerungseinrichtungen, Selbstentzündung und Russ im Kamin) von der ersten zur vierten Stelle herab, während Brandstiftung und Fahrlässigkeit in der jüngsten Periode dieselbe Stellung einnehmen wie in der ersten, nachdem in den beiden mittlern Perioden die Häufigkeit der Brandstiftung sich gesteigert, diejenige der Fahrlässigkeit sich vermindert hatte.

Es fragt sich, ob diese Zunahme der Schadenblitze, wie Prof. v. Bezold geschlossen hat, auf eine Zunahme der Intensität der Gewitter zurückzuführen ist oder nicht. v. Zeller verneint dies. »Man wird,« sagt er, »nicht ohne weiteres auf eine grössere Häufigkeit und Heftigkeit der Gewitter schliessen dürfen. Es ist an sich denkbar, dass in einem gegebenen Zeitraume die Häufigkeit der elektrischen Entladungen an der Erdoberfläche eine annähernd gleiche Grösse bleibt, dass aber sozusagen eine Verschiebung in den »Konduktoren« — als solche dienen ja Gebäude, Bäume, Felsen u. s. w. — eingetreten ist, infolge welcher jetzt häufiger als früher der Ausgleich elektrischer Spannungen an Gebäuden erfolgt; man denke nur an die immer häufigern Eisenkonstruktionen, den Rauch und Dunst der Städte und Industrieansiedelungen, welche elektrische Konduktoren sind. Manchen Aufschluss ergäbe wohl eine Zerlegung der Statistik nach Stadt und Land, die aber wohl nur in einem grossen Landesgebiete mit verhältnismässig geringen Unterschieden in den meteorologischen Verhältnissen beweiskräftig sich durchführen liesse, und welche zur Voraussetzung haben müsste, dass die Berichte von Stadt und Land mit gleicher Sorgfalt gesammelt würden. So ergiebt die preussische Brandstatistik[1]) für das Land eine viel grössere Beteiligung des Blitzes an den Ursachen der Brandschäden als für die Stadt, zweifellos infolge der grössern Zerstreuung

[1]) Zeitschrift des Königl. preuss. statist. Bureaus, herausgegeben von F. Blenck, 38. Jahrg. 1898. p. XLVII, und Preussische Statistik, herausgegeben vom Königl. preuss. statist. Bureau in Berlin. No. 156. 1900. p. 195.

der ländlichen Gebäude und einer mit der Flächenausdehnung wachsenden Blitzgefahr. Die zunehmende Besiedelung des freien Landes durch Landhäuser, Fabriken u. s. w. erscheint so besonders geeignet, zur Erhöhung der Blitzgefahr einen Beitrag zu liefern.«

Im Anschlusse an diese statistische Vergleichung der Ursachen der Feuerschäden in Württemberg hat Prof. Dr. A. Schmidt in Stuttgart, im Interesse der Meteorologie den die Blitzgefahr betreffenden Teil dieser Verluststatistik einer weitern, vornehmlich mathematischen Analyse unterworfen.[1])

Er behandelt die von v. Zeller gegebenen Zahlenreihen für die Häufigkeit der Brandfälle nach der Methode der kleinsten Quadrate und findet, dass demgemäss die Blitzgefahr sich in dem Zeitraume von 44 Jahren annähernd versechsfacht hat. Allein auch die andern Brandursachen sind gewaltig gestiegen. Bezeichnet man den millionsten Teil der Gebäudezahl mit A, die jeweilige Zahl der jährlichen Blitzschläge mit B, so zeigt die Zunahme des Quotient B/A das Fortschreiten der Blitzgefahr. Allein diese Thatsache ist zunächst nur eine versicherungstechnische, deshalb aber noch nicht eine meteorologische.

»Dasjenige,« sagt Prof. A. Schmidt, »was versicherungstechnisch ein Gebäude heisst, hat sich im Laufe der Jahre verändert. Verkehr und Industrie haben den Volkswohlstand gehoben und in Stadt und Land die Ansprüche ans Leben, besonders an die Grösse des Wohnraumes gesteigert, zugleich ist der grosse Bevölkerungszuwachs vorzugsweise den Städten, den Ansammlungen grosser Häuser zu gute gekommen. Nicht bloss ist der einzelne Gebäuderaum im Verhältnisse der Zahl der Familien oder als Fabrik im Verhältnisse der Zahl der Arbeiter, denen er durchschnittlich zu dienen hat, gewachsen, es ist zugleich die auf das Individuum durchschnittlich entfallende Kubikmeterzahl gewachsen. Der Begriff Gebäude hat sich also quantitativ verändert. Seinem Wachstume, soweit es durch die Vermehrung der Bewohnerzahl allein bedingt ist, entspricht eine ungefähr proportionale Vermehrung der übrigen Brandursachen ausser dem Blitze. Dem ganzen Wachsen des Gebäudemasses aber und noch besonders dem Wachsen in die Höhe entspricht die Steigerung der Blitzgefahr.

Umgekehrt hat der Zähler B mit den Jahren eine quantitative Verminderung seines Einheitsmasses erfahren, und zwar ebenfalls für alle Brandursachen, in besonderem Grade aber für die zur Anzeige gekommenen Blitzschäden. Erwägen wir doch die Veränderungen, welche die allmählich sich vollziehende Umwandlung des Ackerbaustaates zu einem Industriestaate in der Volksseele, in der Stellung der Bürger zu Gesetz und Recht hervorgebracht hat! Wer sich lebhaft ins Bewusstsein von Grossmutter und Grossvater hineindenkt, weiss, dass der Ausbruch von Feuer eine Schande, wenn

[1]) a. a. O. p. 89 u. ff.

nicht gar ein Gottesgericht für die Hausbewohner war, dass man es schwer nahm mit gerichtlichen Anzeigen, mit schriftlichen Eingaben, dass auch das Entgegenkommen der Behörden viel zu wünschen übrig liess. Man verheimlichte die unbedeutendern Feuerschäden, man scheute sich, wegen kleinerer Sachen zu prozessieren. Ganz anders ist das heutzutage. Ein Grund der Nichtzunahme der durchschnittlichen Entschädigung ist die zunehmende Sitte, auch kleinere Schäden durch Entschädigung anzumelden. Durch die Bagatellsachen wird die Zahl der Schäden gesteigert, die durchschnittliche Schadengrösse verkleinert. Dass dieses insbesondere auch für die Blitzschläge zutrifft, zeigt eine von v. Bezold mitgeteilte Statistik. Die in Bayern für Blitzschäden gewährten Entschädigungen zeigen eine fortschreitende Abnahme der Prozentzahl von schwerern Fällen mit zündenden Blitzen zu Gunsten der leichtern Fälle mit nichtzündenden, sogenannten kalten Schlägen von der Zahl 51.6 % im Jahre 1883 bis 22.6 % im Jahre 1897. Wenn wir uns aber endlich fragen, ob von der Veränderung in der Volkspsychologie wohl alle Brandursachen eine gleiche versicherungsstatistische Steigerung erfahren werden, so ist dies begreiflicherweise wohl nicht zu bejahen. Für alle andern bleibt die mögliche Strafe wegen Fahrlässigkeit ein Beweggrund der Verheimlichung, des Verzichtes auf eine Entschädigung, für den Blitz nicht. So wie in dem Quotienten B/A der Nenner betreffs der Blitzgefahr eine besonders grosse Steigerung seines Einheitsmasses erwarten lässt, so der Zähler eine besonders grosse Verminderung.

Dass die grosse Zunahme der Blitzgefahr in langer Periode, welche die Versicherungsstatistik errechnet, ihre Ursache nicht oder höchstens nur in geringem Masse in einer Veränderung der atmosphärischen Bedingungen haben könne, beweist auch die Statistik der Blitztötungen, so unvollständig dieselbe bis jetzt sein mag.

Eine kurze Reihe giebt Prohaska für Steiermark und Kärnthen. Daselbst wurden vom Blitze getötet:

in den Jahren:	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1896	1897
Personen:	24	18	14	10	12	22	18	24	11

Eine von E. Blenck mitgeteilte Statistik der Tötung von Menschen durch Blitz giebt folgende jährlich auf 100000 Todesfälle kommende Tötungen durch Blitz:

Jahr	in Preussen	in Bayern	in Sachsen
1882	15	9	4
1883	22	15	9
1884	30	14	14
1885	28	12	28
1886	24	9	21
1887	15	11	14
1888	23	15	13
1889	30	28	26
1890	24	28	—
1891	26	—	—

Nach den Angaben der Königl. preussischen Statistik kommen auf je 1 Million Einwohner folgende Zahlen jährlicher Blitztötungen von Menschen:

Jahre:	1854—1858	1869—1873	1874—1878	1879—1884	1885—1887
Tötungen:	4.49	3.90	4.58	5.00	5.66

Jahre:	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894
Tötungen:	5.19	6.99	5.70	5.80	4.56	5.15	4.77.

Es ist wahrscheinlich, dass die kleine Zunahme dieser Zahlen in der wachsenden Sorgfalt der Erhebungen ihren Grund hat, insofern die Zählung der nicht unmittelbar erfolgten Tötungen erst mit den Jahren geregelt wurde.

Wir kommen daher zu dem Schlusse, dass die versicherungstechnisch nachweisbare Steigerung der Blitzgefahr, welche in Süddeutschland seit der Mitte des 5. Jahrzehnts des 19. Jahrhunderts andauert, der meteorologischen Bedeutung entbehrt, weil dieselben sozialen Veränderungen, welche eine physikalisch scheinbare Zunahme der andern Brandursachen erklären lassen, auch eine noch grössere scheinbare Zunahme der Blitzgefahr mit erklären.«

Damit ist also auch die Hypothese eines Parallelismus in der Häufigkeit der zündenden Blitzschläge mit derjenigen der Sonnenflecke zurückgewiesen.

Die Zerstörung von Gewittern und Hagelwettern durch Schiessen. Untersuchungen über das Wetterschiessen sind auf Veranlassung des österreichischen Ackerbau-Ministeriums von J. M. Pernter und W. Trabert angestellt worden,[1]) denen sich auch A. Stieger, Bürgermeister in Windisch-Feistritz, der Erfinder des Verfahrens, angeschlossen hatte. Die Untersuchungen wurden auf dem von der Firma K. Greinitz Neffen in Graz auf deren Hammerwerke St. Katharein a. d. Lomming eingerichteten Schiessplatze durchgeführt. Über die Frage aber, ob das Wetterschiessen wirklich den Hagel abwehrt, können Pernter und Trabert nur einiges Thatsächliche berichten, wenngleich ihre Versuche indirekt in Bezug auf diese Frage wichtig sind.

20. Optische Erscheinungen.

Photometrische Bestimmungen der Intensität des Sonnenlichtes sind von Ch. Dufour in Morges versucht worden.[2]) Da direkte Vergleichungen zwischen Sonnen- und Sternenlicht unmöglich sind, wurden Zwischenglieder benutzt, und zwar erwiesen sich als die geeignetsten der Vollmond, ein Gasbrenner und Fixsterne erster Grösse. Über das Verhältnis zwischen Sonne und Vollmond hat Dufour keine eigenen Beobachtungen angestellt, doch überzeugte er

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1900. p. 385.
[2]) Archives des sciences phys. et nat. 1899. [4] 8. p. 209.

sich durch einen Versuch, dass die Angaben der Astronomen, die sich zwischen 300000 und 800000 bewegen, nicht übertrieben sind; er fand nämlich, dass er mit einem Sonnenmikroskop von der Sonne in 500 mal so grossem Abstande des Schirmes deutlichere Bilder erhielt als vom Vollmonde. Er glaubt daher die Annahme, dass die Sonne 300000 mal so hell sei als der Vollmond, für zulässig halten zu dürfen. Sodann wurde der Vollmond bei höchstem Stande und sehr klarer Luft mit einer Gasflamme verglichen, die stündlich 160 *l* Gas verbrauchte; diese Gasflamme musste 6 *m* entfernt werden, um ebenso hell zu erscheinen, wie der Vollmond. Die Vergleiche zwischen der Gasflamme und dem Sterne Arcturus ergaben im Durchschnitte, dass die Flamme 2000 *m* entfernt sein musste, um so hell zu erscheinen, wie der Fixstern. Da nun die Gasflamme, um Arcturus gleich zu sein, $333^1/_3$ mal so weit entfernt sein muss, als wenn sie ebenso hell sein soll wie der Mond, so ergiebt sich das Licht des Arcturus etwa 110000 mal schwächer als das Licht des Vollmondes und 33000.10^6 mal so schwach als das Sonnenlicht. Eine Vergleichung des Antares, der freilich nur 7° 40′ über dem Horizonte stand, mit der Gasflamme gab einen Abstand der letztern von 4000 *m*; Altair hatte in 51° 50′ Höhe die Helligkeit der Gasflamme in 2400 *m*; Wega war etwa ebenso hell wie Arcturus. Die Sterne zweiter Grösse, z. B. im grossen Bären glichen der Gasflamme in 3800 — 4000 *m* Entfernung.

Die Dauer des Sonnenscheines nach den Beobachtungen in Chemnitz (1892—1896) und a. a. O. behandelt Dr. Schreiber.[1]) Aus den Aufzeichnungen des Campbell'schen Sonnenscheinbestimmers geht hervor, dass in Chemnitz die relative Häufigkeit des Sonnenscheines um Mittag grösser ist, als früh und abends. In den meisten Monaten scheinen jedoch die ersten Nachmittagsstunden reicher an Sonnenschein zu sein, als die Vormittagszeit. Nur im Mai und Juni liegen die Maxima in der Zeit vor Mittag. Im Jahresmittel ist die Zeit von 11—12 Uhr morgens am reichsten an Sonnenschein. Über 61 % bringt es jedoch im Durchschnitte keine Stunde in einem Monate. Die einzelnen Jahre können sich dabei recht verschieden gestalten.

Was die jährliche Periode der Sonnenscheinhäufigkeit für Chemnitz betrifft, so findet sich, dass die Zahl der Tage mit Sonnenschein am kleinsten im Januar (55 %), am grössten im Juni und August (97 %) ist. »Unter 100 Tagen sind im erstern Monate also 55, in den beiden Sommermonaten aber 97 Sonnentage. Auffallend ist die geringere Zahl im Juli.

Das ganze Jahr hat die immerhin grosse Zahl von 80 % Sonnentagen.

---

[1]) Abhandlungen des Königl. sächs. meteorolog. Instituts. Heft 4. Leipzig 1899.

	Chemnitz	Pavlowsk	Hamburg	Magdeburg	Wien	Zürich	Klagenfurt	Lugano
				Monats- und Jahresstunden mit Sonnen-				
Januar	46	32	30	52	67	47	67	130
Februar	67	69	60	72	85	81	108	142
März	106	135	91	115	130	141	154	184
April	152	188	150	166	165	178	167	179
Mai	201	244	**195**	**235**	241	208	215	205
Juni	**219**	**288**	164	221	232	215	218	262
Juli	205	267	136	207	**269**	238	**261**	**285**
August	200	213	157	199	243	**239**	253	276
September	139	133	133	156	175	174	165	206
Oktober	96	75	64	84	99	108	113	142
November	86	29	37	56	62	48	51	99
Dezember	50	16	21	40	49	38	44	122
Jahr	1567	1684	1264	1603	1816	1715	1816	2229
					Zahl der thatsächlichen Sonnen-			
Januar	18	15	12	21	24	19	24	55
Februar	24	27	22	27	29	31	38	57
März	29	37	25	31	35	41	42	55
April	37	43	35	40	40	46	41	48
Mai	42	46	**40**	**50**	51	47	45	49
Juni	**45**	**51**	32	44	48	48	46	62
Juli	41	48	27	41	**56**	52	54	**67**
August	44	44	34	44	55	**57**	**57**	**67**
September	37	34	35	41	46	50	43	60
Oktober	29	26	20	27	29	36	34	48
November	32	13	15	21	22	19	18	42
Dezember	20	9	9	17	19	17	17	56
Jahr	35	37	28	36	41	42	41	56
				Zahl der Sonnenstunden im Jahr für				
Vormittag 6— 7	47	79	36	68	78	70	68	84
7— 8	79	101	58	96	109	99	99	130
8— 9	119	124	83	120	143	124	132	172
9—10	145	139	103	143	164	144	160	209
10—11	158	149	117	157	172	160	180	224
11—12	163	**151**	123	162	**179**	169	187	226
Nachmittag 0— 1	**166**	149	**133**	**164**	**179**	175	**190**	**227**
1— 2	165	147	**133**	163	**179**	**176**	187	225
2— 3	159	138	124	152	171	170	180	219
3— 4	136	125	110	126	154	150	158	203
4— 5	100	108	91	98	114	119	114	145
5— 6	67	84	70	71	71	79	65	95

schein von 18 Orten Europas.

Pola	Padua	Bukarest	Rom	Madrid	Palermo	Ben Nevis	Säntis	Sonnblick	Obir
129	98	75	116	166	104	25	124	121	116
150	131	76	141	194	110	48	128	126	131
172	150	125	155	201	153	51	150	119	131
208	181	172	187	244	172	81	170	116	124
286	209	254	234	292	216	95	166	122	144
299	236	250	287	330	297	**141**	145	120	140
365	**285**	305	**343**	**391**	**338**	76	160	142	186
329	283	**309**	322	352	313	55	**188**	**156**	**196**
229	203	217	228	253	229	67	170	139	152
163	130	158	177	215	181	37	137	125	107
120	77	98	134	139	135	25	129	115	113
96	75	64	109	131	88	20	131	129	103
2546	2057	2104	2431	**2908**	2331	**721**	1792	1531	1642

stunden unter 100 möglichen.

Pola	Padua	Bukarest	Rom	Madrid	Palermo	Ben Nevis	Säntis	Sonnblick	Obir
45	38	27	40	55	33	10	45	44	41
52	45	26	47	64	36	18	46	44	**45**
47	40	34	42	54	41	16	40	32	35
50	44	43	47	61	44	20	41	28	30
62	45	56	52	65	49	19	35	26	31
64	50	54	64	73	67	**26**	30	25	30
78	60	65	**75**	**86**	75	16	33	30	39
76	**65**	**72**	75	83	**76**	11	41	35	**45**
62	54	58	61	68	62	17	45	37	40
49	38	46	52	62	52	12	41	37	32
42	27	34	44	47	44	10	46	41	40
39	27	29	39	45	29	10	**49**	**49**	38
58	46	48	55	**65**	52	**16**	40	34	37

12 Stundenzeiträume von 6a bis 6p.

Pola	Padua	Bukarest	Rom	Madrid	Palermo	Ben Nevis	Säntis	Sonnblick	Obir
100	83	82	96	143	74	28	79	59	58
153	133	129	178	210	167	42	129	122	115
204	170	171	222	259	211	53	166	159	162
222	190	196	238	269	225	65	176	**168**	**178**
231	198	210	**240**	**272**	232	71	182	167	**178**
236	206	**217**	237	268	231	**72**	**184**	158	160
289	**207**	216	235	265	231	71	179	149	160
238	206	216	235	267	**238**	68	172	142	158
234	201	204	232	263	223	64	157	133	152
227	187	179	220	250	210	54	139	120	136
186	142	130	169	191	171	40	101	84	95
121	85	82	87	122	99	31	64	40	67

Die Zahl der Sonnenstunden ist absolut, wie relativ am grössten im Juni. Auf diesen Monat kamen im Durchschnitte aus 7 Jahren 219.3 Sonnenstunden, die 45 % der möglichen Sonnenstunden und 30 % der gesamten Stunden des Monates darstellen.

Die Zahl der thatsächlichen Sonnenstunden ist im Sommer ungefähr die vierfache von denen im Winter, während die möglichen Sonnenstunden dieser Jahreszeiten sich nur wie 2 : 1 verhalten.

In allen Monaten ist die Sonnenscheinhäufigkeit nachmittags grösser als vormittags. Von den 1566.6 Sonnenstunden kommen 735.5 auf die Zeit vor, 831.1 auf die Zeit nach Mittag. Am auffallendsten ist diese Erscheinung im Winter und kann deshalb wohl zum Teil den örtlichen Verhältnissen zugeschrieben werden.

Dividiert man die Sonnenstunden eines Monates durch die Sonnentage, so erhält man die mittlere Dauer des Sonnenscheines an einem Sonnentage.

Dieselbe ist im Januar mit 2.7 Stunden am kleinsten, im Mai und Juni mit 7.5 Stunden am grössten.

Im Winter beträgt sie etwa $^1/_3$, im Sommer nahezu die Hälfte der möglichen Dauer.

Im Jahresdurchschnitte kommen auf einen Sonnentag 5.4 Stunden Sonnenschein.

Das als Häufigkeit des Sonnenscheines bezeichnete prozentische Verhältnis der thatsächlichen Sonnenstunden zu den möglichen ergiebt für den Januar nur 18 % für den Juni 45 %.

Im erstern Monate werden nur 18 von 100 Stunden, während deren die Sonne scheinen kann, wirklich Sonnenschein haben, im Juni sind dies aber 45 Stunden.

Im Jahresdurchschnitte würde nur an 35 von 100 möglichen Sonnenstunden die Sonne so frei dastehen, dass die Schwärzung des Papieres im Campbell'schen Apparat bewirkt wird.

Von den Gesamtstunden eines Monates ist dies nur 6 % im Januar, 30 % im Juni und 18 % im Jahre der Fall.«

Dr. Schreiber giebt eine Vergleichung der Beobachtungen in Chemnitz mit denen von 17 andern Orten in Europa, letztere entnommen der Arbeit von Helmuth König.[1]) (Tabelle p. 356 u. 357.)

»Unter allen Stationen fällt Madrid mit 2908 jährlichen Sonnenstunden auf, von denen 391 auf den Juli kommen und — alle Tage dieses Monates als gleich vorausgesetzt — täglich 13 Stunden Sonnenschein ergeben. Madrid hat nahezu die doppelte Zahl der Sonnenstunden wie Chemnitz, die vierfache aber derjenigen auf dem Ben Nevis, der es im Juni nur auf 141 Sonnenstunden bringt.

Auffallend ist das Verhalten der italienischen Stationen: Padua 2057 = 46 % der möglichen Sonnenstunden, Rom 2431 oder 55 %, Lugano 2229 oder 56 %, Palermo 2331 oder 52 %.

---

[1]) Dauer des Sonnenscheines in Europa, Nova Acta der Kaiserl. Leop. Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher 67. No. 3.

Die Zahlen stehen nicht recht im Einklange mit der Lehre von dem ewigen blauen Himmel Italiens.

Ebenso ist es mit den Hochstationen. Der viele Sonnenschein spielt in Werken der Landwirtschaft u. s. w. eine grosse Rolle, die er nach unsern Zahlen kaum haben kann.

Die grösste Häufigkeit des Sonnenscheines fällt bei den meisten Stationen auf die Zeit nach dem höchsten Sonnenstande, nahezu mit dem Maximum der Lufttemperatur zusammen. Die norddeutsche Ebene scheint aber nach Magdeburg und Hamburg besonders im Mai das Maximum der Sonnenscheinhäufigkeit zu haben.

Am Säntis und Sonnblick fällt dies auf den Dezember. Was die Tagesstunden anlangt, so haben ganz analog der Erscheinung in der jährlichen Periode meist die Stunden des täglichen Wärmemaximums die grösste Häufigkeit des Sonnenscheines. In Rom und Madrid, sowie an den Hochstationen verlegt sich das Maximum auf die Morgenstunden, und hängt die geringere Häufigkeit des Sonnenscheines in den Nachmittagsstunden wohl mit mehr oder weniger regelmässiger Wolkenbildung zusammen, wie wir sie an warmen Sommertagen auch bei uns wahrnehmen können.«

Von Wichtigkeit sind endlich die Berechnungen Dr. Schreiber's über die wirklichen Strahlungsmengen unter Berücksichtigung der Häufigkeit des Sonnenscheines, wobei er an seine frühern Rechnungen über die möglichen Strahlungsmengen (wenn nämlich der Himmel stets heiter wäre) anknüpft. Er wählt Pawlowsk (nahe 60° nördl. Br.), Chemnitz (nahe 50° nördl. Br.) und Palermo (nahe 40° nördl. Br.) als Repräsentanten und findet dann folgende Summen der stündlichen Wärmeeinstrahlung auf einen horizontalen Quadratmeter in Tonnenkalorien:

Monat	1. Ohne Rücksicht auf die Absorption in der Atmosphäre			2. Mit Rücksicht auf die Absorption			3. Mit Rücksicht auf die Absorption und die Häufigkeit des Sonnenscheines		
	40°	50°	60°	40°	50°	60°	40°	50°	60° nördl. Br.
Januar . . .	26	17	8	9	3	0	4	1	0
Februar . .	30	23	15	13	7	3	6	2	1
März	42	34	26	21	15	9	11	6	4
April	47	41	35	26	21	16	15	11	9
Mai	52	48	43	31	27	22	19	14	13
Juni	52	48	43	31	27	23	27	16	14
Juli	53	49	43	32	28	23	29	15	14
August . .	50	45	39	28	25	19	25	14	10
September.	43	37	29	23	17	12	18	9	5
Oktober . .	37	29	20	17	11	5	10	4	1
November .	28	20	10	11	5	1	5	2	0
Dezember .	25	16	7	8	3	0	3	1	0
Jahr	485	407	318	250	189	133	172	95	71
	100	100	100	52	47	42	36	23	22

Zur Berechnung der Monats- und Jahressummen der Wärmemengen unter 50° nördl. Br. benutzt Dr. Schreiber die oben erwähnten Aufzeichnungen in Chemnitz. Er giebt darüber folgende Tabelle, in welcher bezeichnet: a) die Zahl der Monatstage, b) die Tagessumme der Wärmestrahlung auf einen horizontalen Quadratmeter ohne Berücksichtigung der Absorption in der Atmosphäre, gültig für die Monatsmitten, c) dieselben Zahlen unter Annahme der Durchlässigkeit $p = 0.6$, d) die Häufigkeit des Sonnenscheines in Chemnitz, e) die Produkte aus a und b als die grösstmöglichen Monatssummen der Wärmeeinstrahlung, f) die Produkte aus a und c als die Monatssummen, welche für $p = 0.6$ nach der Absorption übrigbleiben, falls der Himmel stets wolkenlos ist, g) die Produkte $d \cdot f : 100$ als die unter Berücksichtigung der Absorption und durchschnittlichen Häufigkeit des Sonnenscheines sich ergebenden Wärmemengen auf einen horizontalen Quadratmeter.

Aus den Monatssummen wurden die Jahresbeträge durch einfache Summation gebildet.

Monats- und Jahressummen der Wärmeeinstrahlung auf einen horizontalen Quadratmeter unter 50° nördl. Br.:

	a Tage	b T.C.	c T.C.	d %	e T.C.	f T.C.	g T.C.
Januar	31	3.0	0.41	24	93.0	12.7	3.0
Februar	28	4.9	1.10	31	137.2	30.8	9.5
März	31	8.2	2.75	38	254.2	85.3	32.4
April	30	11.8	4.81	49	354.0	144.3	70.7
Mai	31	14.6	6.60	50	452.6	204.6	102.3
Juni	30	15.8	7.15	57	474.0	214.5	122.3
Juli	31	15.3	7.02	53	474.3	217.6	115.2
August	31	12.9	5.50	56	399.9	170.5	95.5
September	30	9.3	3.43	50	279.0	102.9	51.5
Oktober	31	6.6	1.93	36	204.6	59.8	21.5
November	30	4.0	0.83	41	120.0	24.9	10.2
Dezember	31	2.6	0.27	25	80.6	8.4	2.1
Jahr	365				3323.4	1276.3	636.2

»Man sieht daraus, dass bei uns nur ca. 20% der möglichen Wärmemenge zur horizontalen Erdoberfläche gelangt.

Die auf einen horizontalen Quadratmeter auffallenden 636 T.C. würden eine ca. 9 *m* mächtige Eisschicht schmelzen oder eine Wasserschicht von 1 *m* Höhe verdampfen können.

Die April-Summe würde für 1 *m* Eis, die Juni-Summe für ca. 200 *mm* Wasser ausreichen.

Die Zahlen der letzten Spalte werden wohl etwas zu klein sein, sie beruhen auf sehr kleinen Annahmen für die Durchlässigkeit der Atmosphäre und auf der Voraussetzung, dass sowohl durch die Wolken alle Sonnenstrahlen absorbiert, als auch keine weitere Strahlung auf die Erdoberfläche stattfinde. Letztere Voraussetzungen können keineswegs als voll erfüllt angesehen werden. Jedoch soll

namentlich im Sommer nach Messungen und Rechnungen p noch kleiner als 0.6 sein, und könnte es dann möglich sein, dass diese Schlusszahlen die durchschnittlichen Strahlungsverhältnisse bei uns ziemlich gut zur Darstellung bringen.«

Eine ungewöhnliche Luftspiegelung am 3. Dezember 1899, beschreibt K. Mack,[1]) der dieselbe von der Eisenbahn aus beobachtete. Um 4 Uhr 5 Minuten nachmittags wurden seine Blicke durch ein überraschendes Phänomen gefesselt, das in einer scheinbaren Verdoppelung der Sonnenscheibe bestand. Am südwestlichen Himmel in mässiger Höhe über dem ziemlich flachen Horizonte befand sich ein Wolkenstreifen in Gestalt einer schmalen Kumulo-Stratusbank, die sich von S nach W zu verbreiterte. Oberhalb der Wolkenbank schwebte lichtes Gewölk mit leichter Horizontalstreifung; unterhalb hatte der Himmel eine gleichmässig trübe, graue Färbung. Die Sonne stand oberhalb der Wolkenbank etwa um 2—3 Sonnendurchmesser von ihr entfernt; unterhalb der Bank, etwa im selben Abstande von ihr, befand sich ein ebenfalls hell leuchtendes Sonnenbild von genau kreisförmiger Gestalt, dessen Helligkeit am Rande etwas vermindert war. Beide Scheiben hatten gleichen Durchmesser; ihre Mittelpunkte schienen in derselben Vertikalen zu liegen. Im ersten Augenblicke, als Verf. die Erscheinung wahrnahm, war die untere Scheibe die hellere, da die obere durch die davor befindlichen, gestreiften Wolkenschichten abgeblendet war, so dass Verf. zunächst den untern Lichtkreis für die Sonne selbst hielt. Nach kurzer Zeit gewann jedoch die obere Scheibe schärfere Umrisse und grössere Helligkeit, während das Aussehen der untern sich nicht änderte, so dass kein Zweifel sein konnte, auch unter Berücksichtigung des der Tageszeit entsprechenden Sonnenstandes, dass die obere Scheibe die Sonne selbst war. Etwa 5 Minuten lang konnte Verf. das Phänomen nahezu ungestört vom Bahnzuge aus beobachten, wobei er die bestimmte Wahrnehmung machte, dass beide Scheiben sich der schmalen Wolkenbank, die ungefähr die Mitte zwischen ihnen einnahm, näherten. Nun war die Beobachtung auf ca. 5 Minuten durch Häuser- und Baumgruppen der Ortschaft Degerloch unterbrochen; nachdem Verf. im dortigen Bahnhofe den Zug verlassen hatte, begab er sich möglichst rasch an einen Platz, wo er den Himmel wieder übersehen konnte, und fand, dass jetzt beide Scheiben verschwunden waren, während die Beleuchtungsverhältnisse am obern und untern Rande der Wolkenbank darauf hinwiesen, dass die Sonne hinter der letztern stand. Nach einigen Minuten trat die Sonne — jetzt ohne Verdoppelung — unter der Wolkenbank mit blendendem Lichte hervor, wobei sie mehr und mehr eine prachtvolle rötliche Färbung annahm und den obenerwähnten trübgrauen Zwischenraum zwischen der Wolkenbank und dem Horizonte mit ungewöhnlich intensivem, purpur-

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1900. p. 187.

farbenem Lichte erfüllte. Dieses schöne Abendrot hielt bis zu dem nach etwa einer Viertelstunde erfolgenden Untergange der Sonne an.

Was die Erklärung dieses offenbar sehr seltenen Phänomens betrifft, so liegt ohne Zweifel eine Luftspiegelung vor, hervorgerufen durch Luftschichten mit nach unten stetig abnehmenden Brechungsexponenten. Auf diese Annahme weisen die gleiche Grösse beider Scheiben, sowie die allmähliche Verminderung ihres Abstandes hin. Auch das nachfolgende intensive Abendrot scheint für diese Anschauung zu sprechen, sofern die tiefer gelegene, ursprünglich trübe Luftschicht, in welcher die Rotfärbung auftrat, jedenfalls hohen Wasserdampfgehalt und dementsprechend relativ hohe Temperatur besitzen musste. Man erkennt leicht, dass jene Luftschichten, in welchen die Spiegelung oder, genauer gesprochen, die nach unten Konvexkrümmung der von der Sonne herkommenden Lichtstrahlen eintrat, nicht horizontal sein konnten, sondern in der Richtung nach dem Beobachter geneigt sein mussten. Der zwischen der Sonne und ihrem Spiegelbilde beobachtete verhältnismässig grosse Winkelabstand von 3—4° macht es wahrscheinlich, dass die geneigten Schichten zugleich eine schwache nach unten konvexe Krümmung besassen. Luftschichten von dieser Beschaffenheit kann man sich unterhalb der eingangs erwähnten Kumulo-Stratus-Wolke unschwer vorstellen. Auf diese Möglichkeit einer Krümmung der vom Verf. zunächst als eben vorausgesetzten geneigten Schichten hat A. Schmidt in Stuttgart denselben bei mündlicher Unterhaltung über den wahrscheinlichsten Grund der Erscheinung aufmerksam gemacht.

Über die Halophänomene verbreitet sich Dr. J. B. Messerschmitt.[1]) Trotzdem diese Erscheinungen jedermann bekannt und auch ziemlich häufig wahrzunehmen sind, so werden sie, ebenso wie die Wolken, meist doch nur nebenbei und selten eingehend verfolgt, so dass bis jetzt nur wenig Material vorliegt, welches erlaubt, weitere Untersuchungen vorzunehmen. Diese Vernachlässigung rührt zum grossen Teile von der Einführung der registrierenden Apparate für verschiedene meteorologische Elemente her, weshalb nur noch an wenigen Orten, besonders in Japan, regelmässig stündliche direkte Beobachtungen gemacht werden. Es ist daher von grossem Vorteile, dass auf See immer zahlreiche und regelmässige Beobachtungen aller wichtigen meteorologischen Vorgänge angestellt werden, welche, wenn sie sich auch nicht auf den gleichen Ort beziehen, bei vielen Untersuchungen mit Erfolg benutzt werden können, da sie sich doch stets auf nahe gleiche Verhältnisse gründen.

Man unterscheidet bekanntlich hierbei zwei Arten:

1. die »kleinen Höfe«, welche man besser mit dem Namen »Lichtkränze« bezeichnet, und

2. die »grossen Höfe« oder »Ringe« mit ihren Nebenerscheinungen.

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1900. p. 32.

Bei den »Lichtkränzen« sind die Gestirne (es kommen ausser bei Sonne und Mond solche auch manchmal bei den hellern Sternen vor) in unmittelbarer Umgebung bis auf Entfernungen von 1—6° von mehr oder minder deutlichen farbigen Säumen umgeben. Als Beispiel führt Verf. eine besonders schöne Erscheinung am Monde an, welche am 19. Oktober 1899 abends in Hamburg bei fast ganz klarem Himmel gesehen wurde, wobei der Mond von zwei farbigen, konzentrischen kreisförmigen Ringen mit den innern Radien von etwa $^1/_2$ und 2° umgeben war. Die Fläche innerhalb des kleinen Ringes bis zum Monde war gelblich weiss. Der kleine Ring selbst war innen rot und aussen blau und etwa 10′ breit. Dann kam ein etwa $1^1/_2{}^0$ breiter Streifen von fast stahlblauer Farbe, der wieder von einem 10′ breiten, nach aussen roten Ringe begrenzt war. Die Zwischenfarben des Spektrums konnte man ebenfalls unterscheiden.

Die Lichtkränze entstehen durch die Beugung des Lichtes durch Wasserbläschen, sind also eine Diffraktionserscheinung.

Wichtiger als die kleinen Höfe (Lichtkränze) sind die Ringe von 22° Radius, welche allein oder mit andern Nebenerscheinungen, wie grossen Ringen von 46 und 90° Radius, Nebensonnen, bezw. Monden, parhelischen Ringen, Vertikalsäulen, Berührungsbögen und dergleichen auftreten. Sie zeigen gewöhnlich mehr oder minder deutlich die Spektralfarbe, und zwar innen rot und aussen blau. Ihre Entstehung ist durch Fraunhofer, Galle, Bravais, Clausius u. a. auf die Brechung des Lichtes in Eiskrystallen, welche in den obern Luftschichten (als Cirruswolken) schweben, zurückgeführt worden. Verf. beschäftigt sich hier nur mit diesen grossen Höfen, bezw. Ringen.

Man kann dreierlei Stufen bei den Ringen unterscheiden, schwache, deutlich wahrnehmbare und prachtvolle Phänomene. Die schwachen Ringe sind meist kurz andauernd und treten noch dazu häufig nur als Kreissegmente auf. Sie werden bei dem Monde meist als zu unbedeutend gar nicht beachtet und bei der Sonne wohl nur von Personen gesehen, welche sich speziell mit der Verfolgung der Halos abgeben und daher schon einige Übung haben. Es hat sich überhaupt gezeigt, dass mit zunehmender Übung bedeutend mehr Halos wahrgenommen werden als ohne sie; jedoch sind nicht alle Augen gleich empfindlich für solche feinen Farbenwahrnehmungen.

Sobald die Kreise deutlicher werden, und namentlich wenn sie Vollkreise sind, werden sie beim Monde allgemein gesehen, bei der Sonne aber gewöhnlich erst bemerkt, wenn man darauf aufmerksam gemacht wird. Nur ganz prachtvolle Erscheinungen, wobei die Farben (auch zuweilen beim Monde sichtbar) deutlich sind, womöglich noch Nebensonnen u. dergl. auftreten, werden allgemeiner gesehen. Bei der Sonne können die Farben so deutlich wie beim Regenbogen werden. So sah Verf. am 31. Mai 1894 abends 6 Uhr in Zürich eine Nebensonne von 1° Höhe und 3° Breite, deren Mitte 22° von der Sonne

abstand, bei welcher rot, gelb und grün ganz hell zu sehen waren, während nur noch ein Teil des parhelischen Ringes am schwach blauen Ende in weisser Farbe bemerkt wurde. Innerhalb des Rot, welches ziemlich scharf abgegrenzt war, lag ein grauer Schleier bis zur Sonne. Alto-Kumuli und Alto-Stratus, welche sich gleichzeitig am Himmel befanden, verhinderten, den Ring selbst zu sehen. Die Sonne stand hierbei $2^3/_4{}^0$ über dem scheinbaren Horizonte (Ütliberg), in gleicher Höhe damit die Nebensonne. Nach 10 Minuten war die Erscheinung verschwunden.

Besonders schöne Erscheinungen mit Messungen sind ausser den ältern Angaben von Hevel u. a. in neuerer Zeit mitgeteilt in: »Mededeelingen uit de Journalen betreffen de bijzondere Meteorologische Verschijnselen in sommige gedeelten van den Ozean«, Utrecht 1896, ferner in verschiedenen Bänden der meteorologischen Zeitschriften, bei den Nordpolforschern, namentlich Nordenskiöld u. s. w.

Da bis jetzt nur wenig Material vorliegt, hat Dr. Messerschmitt einen Teil der betreffenden Beobachtungen, welche sich in den regelmässig geführten meteorologischen Tagebüchern der Seeleute befinden, zusammengestellt. Es wurden hierzu die Beobachtungen gewählt, welche im Atlantischen Ozeane angestellt sind, und zwar für die äquatorialen Gegenden die sogenannten englischen Quadrate und für die mittlern Breiten die deutschen Publikationen, bezw. Abschriften, welche sich auf der Seewarte befinden. Es sind dies fünf Quadrate zwischen 20 und 30° nördl. Br. und 20 und 70° westl. L., sieben Quadrate zwischen 30 und 40° nördl. Br. und 10 und 80° westl. L. und endlich sechs Quadrate zwischen 40 und 50° nördl. Br. und 10 und 70° westl. L.

Die englischen Beobachtungen stammen meist aus den Jahren 1855 bis 1871. Leider fehlen für das Quadrat 3, welches sich von 0—10° nördl. Br. und von 20—30° westl. L. erstreckt, bei den Angaben der Halos die Jahreszahlen, so dass sie nur für die Verteilung nach Monaten benutzt werden können. Die deutschen Quadrate geben Beobachtungen aus den Jahren 1868—1893, wobei allerdings von 1885 an nur vereinzelte Angaben bis jetzt ausgezogen sind, so dass sie nur bis zum letztern Jahre benutzt werden können. Beide Reihen umfassen daher nahe gleichviel Jahre.

In den Journalen kommt meist die Bezeichnung »Hof« vor, öfter jedoch ist genauer »grosser Hof« oder »Ring« angegeben, oder es folgt dies aus der nähern Beschreibung; einige Male sind auch »kleine Höfe« notiert. Es darf wohl angenommen werden, dass, mit wenigen Ausnahmen, »Ringe« gemeint sind.

Die folgende Zusammenstellung giebt zunächst einen Überblick über die Anzahl der gesehenen Halos, wobei die Nebensonnen einfach als Ringe mitgezählt sind:

Zwischen	—10 u.	0° Breite	wurden	gezählt	3	Sonnenringe	17	Mondringe
»	0 »	+10°	»	»	»	4	»	45	»
»	+10 »	+20°	»	»	»	3	»	44	»
»	+20 »	+30°	»	»	»	12	»	79	»
»	+30 »	+40°	»	»	»	37	»	183	»
»	+40 »	+50°	»	»	»	59	»	203	»

Die Zusammenstellung zeigt eine deutliche Zunahme der Sichtbarkeit der Halos mit zunehmender geographischer Breite sowohl für die Sonne als auch für den Mond, auch wenn man berücksichtigt, dass die Anzahl der Schiffe, bezw. Beobachtungstage nicht für alle Zonen gleich ist. Während unter dem Äquator nur etwa 2—3 Beobachtungen im Jahre vorliegen, steigt die Zahl zwischen +40 und +50° nördl. Br. auf 4 Sonnen- und

12 Mondringe. Es geht daraus hervor, dass die Halos auch in den äquatorialen Gegenden nicht so selten auftreten, besonders wenn man bedenkt, dass alle diese Beobachtungen nur nebenbei angestellt und von den Sonnenringen nur die auffälligsten Erscheinungen notiert sind.

Um zu erkennen, ob eine jährliche Periode vorhanden ist, führt Verf. in der folgenden Tabelle die Halos, nach Monaten geordnet, an.

Bezüglich der jährlichen Periode ergiebt sich, dass die Sonnenringe am häufigsten im Frühjahre (März bis Mai), die Mondringe in den Wintermonaten auftreten. Für die Äquatorgegend ist die Verteilung gleichmässiger, doch scheinen in den Frühjahrs- und Herbstmonaten mehr als in den beiden andern Jahreszeiten vorzukommen.

Eine ähnliche Verteilung fand auch C. Fritsch aus seinen Sonnenhalobeobachtungen in den Jahren 1839—1845 in Prag und Renou aus Beobachtungen in St. Maur von 1873—1889, wie die folgende Tabelle zeigt:

		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Ringe	Prag	12	30	59	65	94	68	29	53	38	39	20	14
Nebensonnen	Prag	14	20	26	14	28	26	13	17	7	5	5	5
Tangentiale Lichtstrahlen	Prag	2	9	7	10	13	7	3	14	4	3	1	4
St. Maur. Ringe		12	12	24	30	32	19	8	8	12	15	15	4

Mit dieser Verteilung stimmt auch das Auftreten der Cirren überein, deren Maximum in den Mai, und deren Minimum in den Winter fällt.

G. Hellmann hat die Beobachtungen der Halos in Upsala (1866—1872), die aus dem Staate New-York (1826—1850), diejenigen der internationalen Polarstationen (1882—1883) und die japanischen Beobachtungen von 1892 zusammengestellt und findet ebenfalls eine ähnliche jährliche Periode, nämlich, dass für die Sonne die Ringe am häufigsten im späten Frühjahre (April bis Juni) und am seltensten im Winter (Dezember und Januar) sind; für den Mond sind sie zur Zeit des höchsten Sonnenstandes am seltensten, während sie im Winterhalbjahre am häufigsten sind, womit die Beobachtungen auf dem Ozeane vollkommen übereinstimmen.

Prof. Dr. G. Neumayer hat am Observatorium in Melbourne während der Zeit von Anfang März 1858 bis Dezember 1862 stündlich meteorologische Beobachtungen angestellt und dabei besonders auch auf das Vorkommen von Halos geachtet, wobei verschiedene Hilfsmittel benutzt wurden. Es sind dies wohl die einzigen regelmässig angestellten Beobachtungen, welche auf der südlichen Halbkugel ausgeführt wurden.

Darnach sind die Sonnenringe am häufigsten im südlichen Sommer (November und Dezember) und seltener in den andern Jahreszeiten gesehen worden. Die Mondringe sind am meisten in den südlichen Wintermonaten (Mai bis Juli) beobachtet worden, doch existiert ein zweites sekundäres Maximum im südlichen Sommer (Oktober und November). Es scheint darnach die jährliche Periode im Auftreten der Halos in Melbourne ein etwas anderes Verhalten zu zeigen als an den meisten der oben angeführten Orte der nördlichen Halbkugel.

Um noch eine weitere Vergleichsreihe zu haben, hat Verf. für die Jahre 1884—1889 die Beobachtungen von Tokio, welches nahe in gleicher nördlicher Breite wie Melbourne in südlicher Breite liegt, ausgezogen.

Darnach sind die Sonnenringe am häufigsten im Frühjahre (März bis Juni) gesehen worden, die Mondringe in der ersten Hälfte des Jahres (Januar bis Mai), besonders häufig im April und Mai. Es entspricht diese Verteilung auf die Jahreszeiten mehr derjenigen, wie sie in Melbourne, als wie sie in Europa und dem Atlantischen Ozeane gefunden worden ist. Es kann dies wohl von der geographischen Lage, Halbkugel des Atlantischen Ozeans und des Grossen Ozeans abhängen.

Dagegen besteht zwischen den beiden Stationen Tokio und Melbourne ein anderer Unterschied, der nämlich, dass am erstern Orte etwa zweimal soviel Sonnenringe als Mondringe beobachtet worden sind, während in Melbourne beide Arten nahe gleich oft gesehen wurden, die Mondringe sogar noch etwas häufiger als die Sonnenringe. Freilich sind in Tokio am häufigsten die sehr schwachen Sonnenhöfe notiert, während die hellern auch verhältnismässig selten auftraten.

Bei den Beobachtungen vom Atlantischen Ozeane überwiegen selbstverständlich die Mondringe, da ja Sonnenringe überhaupt schwerer zu sehen sind. Dagegen zeigen die systematischen Beobachtungen in Upsala, Berlin (Galle) u. s. w. ein Überwiegen der Sonnenhalos über die Mondhalos.

Man kann noch die tägliche Periode aufstellen, worüber eine Tabelle für Melbourne, welche Prof. G. Neumayer zusammengestellt hat, am besten Auskunft giebt.

Danach fällt das Maximum der Sonnenringe auf die Zeit kurz vor Mittag, die Kurve aber nimmt von da an am Vormittage rascher ab als am Nachmittage. Etwas verschieden liegen die Verhältnisse beim Monde, wo die Ringe am häufigsten um Mitternacht und 1 Uhr nachts auftreten, dann ziemlich rasch gegen Morgen abnehmen. Am Abende dagegen tritt beim Monde um 8 Uhr ein zweites Maximum auf, und die Anzahl der Ringe bleibt überhaupt mehr konstant zwischen 7 und 11 Uhr. Es sind nämlich beobachtet:

	Vormittag	Mittag Mitternacht	Nachmittag
Sonnenringe in Stunden . . .	85	42	117
Mondringe in Stunden	140	50	172

woraus das Vorherrschen dieses Phänomens am Nachmittage und Abende deutlich hervorgeht.

Das gleiche Resultat zeigen die Beobachtungen in Tokio, wenn es auch bei der Sonne weniger deutlich als beim Monde ausgesprochen ist; dagegen sind am Nachmittage mehr Nebensonnen als am Vormittage gesehen worden, nämlich 26 am Nachmittage gegen 18 am Vormittage; das Gleiche gilt von den Nebenmonden: 3 am Nachmittage gegen 1 am Vormittage.

Dieses Resultat wird auch durch die Zusammenstellung der Sonnenhöfe und Nebensonnen von Fritsch in Prag, welche 1839—1845 beobachtet wurden, bestätigt. Er fand:

	Vormittag	Mittag	Nachmittag
Sonnenringe	189	67	265
Nebensonnen	49	5	126
Tangentiale Lichtstrahlen . .	36	5	36

Die Beobachtungen auf dem Meere liefern das gleiche Ergebnis für die Mondhöfe.

Da nun die Polarlichter öfter am Nachmittage (vor Mitternacht) als am Morgen (nach Mitternacht) beobachtet werden, so besteht zwischen dem täglichen Auftreten der Polarlichter und Halos eine grosse Ähnlichkeit, die noch dadurch verstärkt wird, dass nach den Beobachtungen von Prof. Neumayer in Melbourne ein Maximum der Halos um 8 Uhr abends vorhanden ist, was ja auch für die Polarlichter gilt.

Man kann sich daher fragen, ob nicht die säkulare elfjährige Periode, welche bei den Polarlichtern, magnetischen Störungen, Sonnenflecken u. s. w. auftritt, auch hier angedeutet ist. Es eignen sich hierzu die Sonnenflecken-Relativzahlen von R. Wolf zum Vergleiche am besten. In einer Tabelle

sind sie daher mit den Halobeobachtungen von Melbourne, Tokio, dem Atlantischen Ozeane, einer kurzen Reihe aus Dresden, einer von H. Overhoff in Utrecht und einer von S. Tromholdt zusammengestellt. Darnach möchte man geneigt sein, einen ähnlichen Verlauf beim Auftreten der Halos wie bei den Sonnenflecken, bezw. Polarlichtern anzunehmen. Für eine sichere Entscheidung darüber ist allerdings das Material nicht ausreichend.

Ein fünffacher Regenbogen wurde von Berger in Schweidnitz beobachtet.[1]) Der Beobachter schreibt: »Am 8. September 1899 stieg ich vom Hochfeld hinab nach Schirmeck. Kurz vor dem Struthof ereilte mich ein heftiger Gewitterschauer, der von NW herzog. Im NO befand sich eine dunkle Wolkenwand, auf der ich gegen 4 Uhr nachm. die Erscheinung beobachtete. Es waren dies fünf vollständig voneinander scharf getrennte Regenbogen, die in voller Farbenpracht erstrahlten. Die Anordnung war diese: Der gewöhnliche Regenbogen mit dem öfters zu beobachtenden zweiten mit umgekehrter Reihenfolge der Farben, dann aber befanden sich innerhalb des ersten drei gleichgerichtete und mit derselben Reihenfolge der Farben wie dieser, dicht nebeneinander. Die Farben waren jedoch viel stärker, wie bei dem ersten Regenbogen, und ferner verliefen diese Bogen nicht genau parallel dem Kreisbogen des ersten, sondern waren etwas flacher als dieser, unter sich jedoch parallel. Um 4 Uhr 10 Min. bedeckten heranziehende Wolken den nach Osten gerichteten Teil der Bogen, der nach Norden gerichtete leuchtete nun noch stärker. Gleich darauf verschwanden die drei innern, dann der äussere Bogen. Der erste Bogen blieb noch eine Weile sichtbar und verschwand dann auch.«

Das Spektrum des Polarlichtes hat Dr. Paulsen von Ende Dezember bis gegen Ende Januar untersucht teils mit einem Spektrographen, dessen Linsen und Prismen aus Quarz bestanden, teils mit einem sehr lichtstarken Apparate, dessen Prismen und Linsen aus Glas hergestellt waren. Mit dem ersten Instrumente ist besonders der ultraviolette Teil des Spektrums photographiert worden, während das andere noch Beobachtungen bis zur Linie O des Sonnenspektrums gestattete. Unter den 22 durch die Photographie fixierten Linien konnten 16 neue konstatiert und sämtliche genau gemessen werden. Die Wellenlängen der vier starken Linien waren 337; 358; 391.5 und 420 $\mu\mu$, während die 18 schwachen Linien zwischen 353 und 470 $\mu\mu$ gelegen sind. In dem Teile des Spektrums zwischen den Linien 337 und 250 $\mu\mu$ sind noch weitere 15 bis 20 sehr schwache Linien spurweise wahrgenommen worden, die aber noch eine eingehendere Untersuchung erheischen. Die gemessenen Linien scheinen übrigens verschiedenen Spektren des Polarlichtes anzugehören. Denn die vier starken Linien erhält man schon, wenn man den Spektrographen einem schwachen Polarlichte aussetzt; sie scheinen sogar schon aufzutreten unter der Einwirkung jener ausserordentlichen

[1]) Gaea 1900 p. 122.

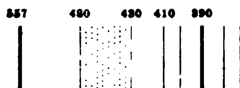
Helligkeit des Himmels, welche den Nächten der arktischen Länder eigentümlich ist, ohne dass das Auge irgend eine besondere Erscheinung wahrnimmt. Für die photographische Erzeugung der schwachen Linien ist es hingegen notwendig, den Spektrographen auf die Teile des Polarlichtes einzustellen, welche beim spektroskopischen Sehen mehrere Linien geben (Compt. rend. 1900. 130. p. 653).[1])

Sykora macht über das Spektrum des Nordlichtes folgende Mitteilung.[2]) Während der Überwinterung auf der russischen Polarstation der schwedisch-russischen Gradmessungsexpedition auf Spitzbergen »Konstantinowka« am Hornsund (Breite $+ 76^0 56' 25''$, Länge $1^h\ 3^m\ 48^s$ östlich von Greenwich) ist es mir gelungen, einige photographische Aufnahmen des Nordlichtspektrums zu erhalten.

Aus diesen Aufnahmen lässt sich erkennen, dass das Spektrum des Nordlichtes aus drei charakteristischen, fast gleich lichtstarken Linien besteht, deren Wellenlänge (in Millionstelmillimetern) annähernd 557, resp. 430 und 390 beträgt. Die erste Linie ist die bekannte charakteristische Linie im Grün, die zweite befindet sich nahe der Linie G des Sonnenspektrums und die dritte hinter den Calciumlinien H und K im ultravioletten Teile des Spektrums.

Ferner sind deutlich sichtbar: eine schwache Linie zwischen der ersten und zweiten charakteristischen, zwei schwache zwischen der zweiten und dritten charakteristischen und zwei hinter der dritten charakteristischen Linie. Diese fünf Linien sind ebenfalls fast gleich lichtstark, aber sehr schwach.

Ausserdem lässt sich eine ganze Reihe von Linien zwischen der ersten schwachen und zweiten charakteristischen Linie erkennen. Das Spektrum stellt sich also folgendermassen dar:



Die Wellenlängen sind infolge Mangels von Messapparaten und Spektralkarten auf der Station nur durchaus genähert angegeben. Es ist sehr wohl möglich, dass eine genauere Untersuchung der Aufnahmen nach der Rückkehr nach Russland noch weitere Linien zu Tage fördert.

Ausser der photographischen Aufnahme des Spektrums ist es auch gelungen, eine Anzahl von photographischen Aufnahmen des Nordlichtes selbst zu erhalten, wobei auf einigen derselben sogar die Struktur des Nordlichtes sichtbar ist.

Die während der Überwinterung der belgischen antarktischen Expedition beobachteten Südlichter. H. Aretowski

---

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1900. No. 21.
[2]) Astron. Nachr. No. 3649.





Fig. 1.



Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

Fig. 2.

Jahrbuch XI, 1900.
Tafel V.

Wolken-Photographien
aufgenommen von Flammarion's Observatorium zu Juvisy bei Paris.

bringt hierüber einige Mitteilungen.[1]) Die »Belgica« befand sich in sehr bedeutender Entfernung vom Magnetpole, denn sie wurde in 71° 27′ S. und 85° 44′ W. L. (am 7. März 1898) vom Eise besetzt und hat während der Zeit der Besetzung, 11. März bis 10. Septbr., seine Stellung fortwährend verändert; die äussersten vom Fahrzeuge eingenommenen Positionen waren in der Breite 69° 52′ und 71° 36′ S., in der Länge 82° 35′ und 92° 21′ W. Die Beobachtungen sind somit über einen Raum von etwa 10° Länge und 1½° Breite zerstreut. Die meteorologischen Verhältnisse waren für Polarlichtbeobachtungen sehr ungünstig, weil der Himmel meist bewölkt war, und von Ende September an die Dämmerung während der Nacht so hell wurde, dass man Polarlichter nicht mehr wahrnehmen konnte. Trotzdem wurde das Polarlicht 61 mal während des Winters 1898 und dann noch einmal am 12. März 1899 beobachtet, so dass im ganzen 62 Beobachtungen vorliegen. Aus der Aufzählung dieser Beobachtungen mit Angabe des Charakters der Erscheinungen lässt sich eine tägliche Periode des Polarlichtes ableiten, denn die Erscheinung wurde gewöhnlich sichtbar zwischen 7 Uhr abends und 2 Uhr morgens, und das Maximum der Stärke fiel am häufigsten zwischen 9 und 10 Uhr. Die jährliche Periode kann man zwar aus den Beobachtungen eines einzigen Jahres nicht mit Sicherheit ermitteln; aber die Daten der Erscheinungen beweisen sehr deutlich, dass das Maximum der Häufigkeit ausserhalb der Monate der Polarnacht fällt, und dass die Intensität des Polarphänomens offenbar am grössten in den Äquinoktien ist. Im Monate März und im Beginne des Monates April wurden schöne Polarlichter mit wechselndem Aussehen beobachtet; im Juli hingegen war einfaches Polarleuchten vorherrschend; später, im September, konnten wieder stark bewegte Polarlichter von verhältnismässig intensiver Helligkeit gesehen werden. Auffallend war in der Beobachtungsreihe das Vorherrschen des homogenen Bogens, der sich oft Stunden lang unveränderlich stets an derselben Stelle des Horizontes hielt. Dieser Bogen erhob sich gewöhnlich 8° bis 12° über den Horizont, und seine Enden waren beiderseits ungefähr 45° vom Kulminationspunkte entfernt, der immer in Südsüdwest lag. Im Wintersolstitium stieg dieser Bogen weniger hoch als in den Äquinoktien. Während der Polarnacht scheint somit die Polarlichterscheinung sich nach einer dem magnetischen Pole nähern Gegend zurückzuziehen.

21. Klimatologie und Wetterprognosen.

Die klimatischen Verhältnisse des arktischen und antarktischen Gebietes besprach A. Woeikof.[2])

»In den höchsten nördlichen Breiten, welche bis jetzt von Menschen erreicht wurden, erweist sich der Winter ungefähr von gleicher Temperatur mit

[1]) Compt. rend. 1900. 130. p. 1276.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1900. p. 75.

den Orten am Unterlaufe der Jana (Ustjansk, Kasatschje) und der Mündung der Lena (Sagastyr) und etwa die Mitte haltend zwischen den Stationen in Grinnelland und den höchsten Breiten von Grönland, aus welchen Beobachtungen vorliegen. So können wir —35° als ungefähre Wintertemperatur für die arktische Zentralregion, etwa zwischen 80—86°, wahrscheinlich bis zum Pole annehmen, ebenso auch von der Küste Ostsibiriens bis an die Grenze der Waldregion. Nur in den Meridianen von Europa und des westlichsten Teiles von Sibirien (Spitzbergen, Franz Josephs-Land), ist die Wintertemperatur der Arktis entschieden milder. So hatte Nansen im südlichen Teile von Franz Josephs-Land (nördl. Br. 81°, östl. L. 55°), im Winter 1895—1896 —24.6°, also eine Temperatur um mehr als 10° höher als die »Fram« in demselben Winter.

Diese nahezu gleiche Temperatur des Winters in der Arktis auf so grossen Strecken ist einer besondern Beachtung wert, im Vergleiche mit den enorm grossen Unterschieden, welche in Sibirien zwischen den waldigen Thälern in den Breiten 62—68° einerseits und der Tundra an der Meeresküste anderseits, vorhanden sind.

Wie gross der Temperaturgradient in Nordostsibirien ist, zeigt folgende Tabelle:

		Werchojansk[1])	Kasatschje[2])	Differenz	Russkoje Ustjo[3])
Dezember	1895	—46.6°	—35.1°	—11.5°	—31.6°
Januar	1896	—47.6	—34.9	—12.7	—34.1
Februar	—	—36.7	—26.6	—10.1	—35.1
November	—	—33.6	—25.6	— 8.0	—23.5
Dezember	—	—47.6	—34.8	—11.8	—34.6
November	1885	—44.2	—35.1	— 9.1	
Dezember	—	—52.9	—37.6	—15.3	
Januar	1886	—53.5	—37.6	—15.9	
Februar	—	—44.1	—35.1	— 9.0	

Also im Thale desselben Flusses, etwa 360 *km* voneinander, und in Verhältnissen, in welchen die Luft vom kältern obern und mittlern Thale der Jana nach dem Unterlaufe des Flusses strömt, ist die Temperaturdifferenz im Januar über 12° (selbst wenn wir die Temperaturen des Winters 1895/96, wo die Beobachtungen in Werchojansk lückenhaft waren, nicht berücksichtigen).

Als die Beobachtungen der Expeditionen von Wrangell und Anjou in den zwanziger Jahren in der Nähe der sibirischen Nordküste eine höhere Wintertemperatur ergaben, als in Jakutsk, als später die noch viel niedrigern Wintertemperaturen von Werchojansk bekannt wurden, war die naheliegende Erklärung: es sei der mildernde Einfluss des Meeres Ursache des wärmern Winters im Norden, Ähnliches sei aus Europa gut bekannt, die mildern Winter der Hebriden und Schottlands, im Vergleiche zum Innern Englands, der deutschen und niederländischen Nordküste verglichen selbst mit dem Rheinthale von Basel bis Mainz und namentlich der norwegischen Nordküste im Vergleiche zu Lappland, Nordschweden u. s. w. In allen diesen Fällen sind aber die Meere eisfrei, und die vorwaltenden Winde bringen Luft von noch wärmern Meeresteilen.

Anders an der Nordküste von Sibirien, wenigstens westlich von der Kolyma. Hier ist das Meer auf mehrere 100 *km* im Winter eisbedeckt.

---

[1]) 67° 34′ nördl. Br., 133° 51′ östl. L. im Thale der mittlern Jana.

[2]) 70° 45′ nördl. Br., 135° 58′ östl. L. an der untern Jana, etwa 80 *km* vom Meere.

[3]) 71° 1′ nördl. Br., 149° 26′ östl. L. an der untern Indigirka, etwa ebenso weit vom Meere wie Kasatschje.

und selbst die kleinen Blössen (Polynji) des Eises können keinen erheblichen Einfluss auf die Milderung der Temperatur haben, denn der Wind ist beständig vom Lande.

Wäre ausserdem die Ursache der wärmern Winter im Norden Sibiriens der erwärmende Einfluss des Meeres, in wie grösserem Grade würde er sich in Sagastyr, an der weit ins Meer vorspringenden Halbinsel des Lenadeltas geltend machen, als in Kasatschje, welches noch 80 *km* von dem ziemlich weit ins Land reichenden Janabusen entfernt ist. Und doch ist es nicht der Fall. Beide Orte haben ungefähr dieselbe Wintertemperatur. Wenig verschieden von Kasatschje ist sie nach gleichzeitigen Beobachtungen auch in Russkoje Ustjo, welches ungefähr ebenso weit entfernt ist von der Mündung der Indigirka, wie Kasatschje von der Mündung der Jana.

Nicht das Meer an sich mildert die Wintertemperatur in der Nähe der Nordküste von Sibirien, sondern die Tundra mit ihrer lebhaftern Luftbewegung. Die extreme Kälte des Winters ist an die Thalsohlen mit sehr schwacher Luftbewegung gebunden, weil unter diesen Umständen die untere, durch Berührung mit der Oberfläche des Schnees erkaltete Luftschicht, nicht mit der etwas höher liegenden, wärmern sich mischt.

Anders in der Tundra, im Norden, welche den Winden freien Spielraum lässt; hier mischen sich die Luftschichten mehr miteinander, und die untere kann nicht so erkalten, wie in den Thälern mit Windstille oder sehr schwacher Luftbewegung.

Die waldigen Thäler Nordostsibiriens befinden sich im Winter nahe dem Zentrum einer Antizyklone, während die Tundra vor der sibirischen Nordküste, der arktische Ozean im Norden davon und überhaupt in den höchsten Breiten, ebenso auch Nordgrönland und Grinnelland meistens in dem Raume zwischen Zyklone und Antizyklone liegen und daher auch lebhaftere Luftbewegung im Winter haben. Jedoch die Permanenz der Antizyklonen in den waldigen Thälern Nordostsibiriens ist auch topographisch bedingt, durch die Schwierigkeit des Abflusses, namentlich einer so kalten und dichten Luft, während in der Tundra im Norden, noch mehr auf dem Ozeane der Abfluss leicht ist, daher die keineswegs fehlenden Antizyklonen keinen so langen Bestand haben.

Es ist jedenfalls zu erwarten, dass in den Gebirgen Ostsibiriens, schon in kleinen Höhen im Winter viel höhere Temperaturen sich finden werden, wie überhaupt bei winterlichen Antizyklonen, und dass, wenn wir eine Luftschicht von 2000, ja vielleicht 1000 *m* Mächtigkeit nehmen, sie über den waldigen Thälern Nordostsibiriens wärmer ausfallen wird, als über der Tundra im Norden, am arktischen Ozeane und auf dem amerikanischen Polargebiete. Hann hat bekanntlich gezeigt, dass in den Alpen eine Luftschicht von 3000 *m* Mächtigkeit während einer Zyklone im Oktober bedeutend kälter war, als während einer Antizyklone im November.

Während des ersten Winters, welchen die »Fram« im arktischen Ozeane zubrachte, war sie in den Meridianen Ostsibiriens, etwa 800 bis 1200 *km* von der Küste entfernt. Leider fehlen in diesem Jahre Beobachtungen von der Küste oder in deren Nähe; der nächste Punkt, wo sie gemacht wurden, ist Werchojansk.

Hier waren März, April, Mai und Juli 1894 die wärmsten der ganzen Beobachtungszeit, ebenso wurden im Februar, März und Juli die höchsten Maxima beobachtet (resp. —9.9; 1.1 und 33.7). Die Entfernung der »Fram« von Werchojansk, namentlich im Frühlinge und Sommer, ist so gross, dass die unperiodischen Abweichungen sehr verschieden ausfallen können, sicher ist nur der viel kältere Winter und die viel wärmern Monate April bis Oktober in Werchojansk.

Die auf der »Fram« beobachteten Sommertemperaturen sind die niedrigsten auf der Nordhalbkugel durch meteorologische Beobachtungen bekannten, Mittel Juni —1.8, Juli 0.1, August (2 Jahre) —1.8°. Im Jahre 1896 hatte der Juli —0.1°.

Die Beobachtungen auf der »Fram« bestätigen meine Meinung, dass in hohen Breiten die Temperaturen über 0° von Winden gebracht werden, welche von eisfreien Meeren oder schneefreien Kontinenten kommen.[1])

Da die »Fram« sehr weit von ihnen war, so sind denn auch die Sommertemperaturen niedriger als anderswo.

Der Frühling und die Monate September und Oktober sind nach den Beobachtungen der »Fram« kälter, als irgendwo bis jetzt in den Meridianen von Europa und in Sibirien beobachtet wurde. Nur der nördlichste Teil von Grönland und namentlich Grinnelland haben Temperaturen in diesen Monaten, welche denjenigen auf der »Fram« gleichkommen.

Die belgische Expedition hat uns die ersten Temperaturen aus hohen südlichen Breiten für die kalte Jahreszeit gebracht.[2]) Das Jahresmittel ist —9.6° für ungefähr 70.2° südl. Br. Auf der nördlichen Halbkugel ist die Mitteltemperatur des 70.° nach der ältern Berechnung Spitaler's —9.9, nach der neuern, wo die Mohn'schen Isothermen für Grönland berücksichtigt sind, —10.2. Um die Temperaturen der belgischen Expedition mit denjenigen der nördlichen Halbkugel zu vergleichen, müssen wir uns ein Urteil zu bilden suchen, inwiefern das betreffende Jahr kälter oder wärmer war, als das langjährige Mittel. Annähernd ist es vielleicht möglich. April, Juli und September waren jedenfalls zu kalt, Mai, August und Oktober zu warm, die + und — Abweichungen werden sich wohl annähernd decken.

Auf der nördlichen Halbkugel sind mittlere Jahrestemperaturen unter —9.6° in der Breite der belgischen antarktischen Expedition nur auf den Kontinenten von Asien und Nordamerika, auf den benachbarten Inseln und auf dem landumringten Karameere beobachtet worden. Selbst an den Küsten des eisbedeckten Grönlands sind die Jahresmittel in dieser Breite höher, als die der belgischen Expedition in entsprechender Südbreite. Die letztere war jedoch, wie es scheint, nicht besonders nahe an irgend einem Kontinente. Das von ihr Gefundene zeigt, dass auch für den 70.° dasselbe gilt, was ich für den 45.°, 50.° und 55.° erwiesen habe, namentlich, dass das Seeklima der nördlichen Halbkugel bedeutend wärmer ist, als dasjenige der südlichen,[3]) nämlich:

	45°	50°	55°
Nördliche Halbkugel	11.8	9.0	5.9
Südliche »	8.9	5.9	3.1
Differenz	2.9	3.1	2.8

Nach der Hypothese Ferrel's, des Einzigen, welcher es gewagt hat, die wahrscheinlichen Mitteltemperaturen hoher südl. Br. zu geben, ist die Mitteltemperatur unter 70° südl. Br. —5.8° unter 80° südl. Br. —10.6°[4]), also für die Breite der »Belgica« etwa —6.0 oder über 3.5° wärmer, als die wirklich gefundene. Und es ist keine Ursache vorhanden, die Meridiane, in welchen die belgische Expedition beobachtete, für kälter als das Mittel der entsprechenden Breiten zu halten, im Gegenteil, wenn es zulässig ist, nach den Verhältnissen derselben Meridiane zwischen 55 bis 60° südl. Br. zu urteilen. Hier ist die Treibeisgrenze sehr weit südlich, d. h. polwärts gerückt.

Alles, was wir bis jetzt wissen, lässt für die Küsten des Südkontinentes jedenfalls niedrigere Jahrestemperaturen vermuten, als die Mittel entsprechender Breiten der nördlichen, und auf dem Inlandeise niedrigere, als irgend wo bis jetzt beobachtet wurde. Ich meine Temperaturen ohne Reduktion auf das Meeresniveau. Für die wärmere Jahreszeit wird wohl niemand dies bezweifeln, der die Höhe über dem Meeresniveau und die niedrige Sommertemperatur an den Küsten in Betracht zieht. Für den

---

1) Klimate der Erde 1. p. 100.
2) Meteorologische Zeitschrift 1899. p. 472.
3) Klimate der Erde 1. p. 336.
4) Ferrel: »Meteorological researches«. Washington 1877.

Winter verweise ich auf Mohn's: »Bearbeitung der Nansen'schen Beobachtungen auf dem Inlandeise von Grönland«[1]), welche zeigt, wie niedrige Temperaturen auf dem Eise schon im September bei einer Antizyklone möglich sind.«

Beiträge zur Frage der Kälterückfälle im Mai veröffentlichte V. Kremser.[2]) Er zeigt aus den Beobachtungen zu Klaussen, dass 1884—1898 die Zeit vom 11.—13. Mai das tiefste mittlere Minimum und die grösste Zahl der Tage mit Frostgefahr hatte, dass aber, wenn man den 50jährigen Zeitraum von 1848—1898 in Betracht zieht, nichts mehr von einer Depression der Temperaturminima und einer grössern Frostwahrscheinlichkeit in der Zeit vom 11. bis 13. Mai zu bemerken ist. Für Berlin ist nur die kurze Periode 1878—1894 den »Eisheiligen« günstig, aber in den Mittelwerten des 50jährigen Zeitraumes 1848—1897 findet auch für Berlin ein fast völliger Ausgleich statt. »Man muss somit sagen, dass im Mai eine je nach der Lage des Ortes grössere oder geringere Frostgefahr, zumal für den Erdboden, unstreitig besteht, dass aber, nach längern Zeiträumen betrachtet, die gestrengen Herren keineswegs besonders strenge auftreten, dass vielmehr die Frostgefahr vom Anfange zum Ende Mai regelmässig abnimmt.

Eine Möglichkeit nur kann die gestrengen Herren noch retten, die nämlich, dass sie periodisch erscheinen, d. h., dass sie nach längerer Pause für mehrere Jahre hintereinander mit aller Strenge wiederkommen oder wiedergekommen sind und so beim Volke einen dauernden Eindruck hervorgerufen haben. Wenn man daraufhin die Beobachtungsreihen von Berlin und Klaussen betrachtet, so fällt der Zeitraum 1878—1888 durch die fast Jahr für Jahr (bei Berlin mit Ausschluss von 1884, bei Klaussen mit Ausschluss von 1879 und 1880) zu kalten Tage vom 10.—13. Mai auf den ersten Blick auf, bei Klaussen auch noch 1891—1893. Diese Jahre sind derartig Ausschlag gebend, dass sie eben in den Auszählungen und Mittelwerten aus 1878—1894, bezw. auch 1884—1898, die Triade vom 11.—13. Mai zur kältesten und frostreichsten des ganzen Monates stempeln. Aber in den übrigen langen Jahren von 1848 ab wechseln die Temperaturverhältnisse jener Tage ganz unregelmässig; Kälterückfälle oder Frosterscheinungen sind an diesen Tagen mehrere Jahre hintereinander (ausser etwa 1857—1859) nicht wahrzunehmen, die Temperatur liegt im Gegenteile häufiger über der Norm, so dass auch in den Mittelwerten verschiedener zusammenhängender Jahresgruppen vor 1878 die Eisheiligen verschwunden sind.«

»Also nur in dem Jahrzehnte 1878—1887 und bei Klaussen auch noch im Jahrzehnte 1888—1898 treten die Eisheiligen in den Mittelwerten der Temperaturminima deutlich heraus, nicht aber in den andern Dezennien. Wenn also eine Periode existieren sollte,

[1]) Petermann's Mitteilungen. Ergänzungsheft 105.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1900. p. 209.

so müsste sie mehr als 40 Jahre umfassen. Immerhin ist dies nicht unmöglich, zumal ältere Untersuchungen mehrfach einen Rückgang der Temperatur zu Beginn der dritten Dekade ergaben, und so bleibt mmer noch die Aufgabe, in den Beobachtungsmaterialien aus frühern Zeiten Nachforschungen anzustellen — ehe man die Eisheiligen förmlich in ihre Rechte einsetzen oder über sie völlig den Stab brechen darf.«

Die Kalenderdata der Kälterückfälle im Mai. G. Hellmann macht bezüglich der sogenannten »gestrengen Herren« auf einen bisher nicht beachteten Umstand aufmerksam,[1]) der auch für die Beurteilung vieler sogenannter Bauernregeln von Bedeutung ist.

Es ist der, dass die Mehrzahl derselben viele Jahrhunderte alt ist, und dass ihre Entstehung vor die Gregorianische Kalenderreform zurückreicht. »Infolgedessen haben alle diejenigen Regeln, welche an bestimmte Kalenderheilige geknüpft sind, eine zeitliche Verschiebung erfahren; denn jene Kalenderreform bestand u. a. bekanntlich darin, dass man zehn Tage ausliess und vom 4. Oktober 1582 gleich zum 15. Oktober überging. Der neue oder Gregorianische Kalender war somit dem alten oder Julianischen um zehn Tage voraus.

In den zahlreichen Streitschriften, die in jener Zeit für und wider die Kalenderreform veröffentlicht wurden, findet man auch häufig als Argument wider die geplante Kalenderverbesserung den Umstand erwähnt, dass mit der Annahme derselben die alten Wetterregeln ihre Bedeutung verlören, und dass der Landmann alsdann nicht mehr wüsste, woran er sich halten solle.

Bei einigen dieser Regeln war der Einfluss jener Verschiebung allerdings sehr augenfällig. So war z. B. nach einer uralten Bauernregel der 13. Dezember oder St. Lucia der kürzeste Tag, über den es allerlei Memorialverse gab:

Auf Barnabas die Sonne weicht,
Auf Lucia sie wieder zu uns schleicht.

Oder:

Lutze macht den Tag stutzen,
Denn da hebet er wied'rum an zu langen
Und kommt die Kälte gegangen.

Da nun auch im neuen oder Gregorianischen Kalender St. Lucia dem 13. Dezember verblieb, so hatten diese und ähnliche auf den Tag bezüglichen Regeln natürlich ihre Bedeutung verloren.

Dasselbe gilt für die übrigen an Kalenderheilige anknüpfende Wetterregeln und somit auch für den Glauben an die Gefahr von Maifrösten, die man am 1. Mai (Philippus Jacobus), am 13. Mai (Servatius) und am 23. Mai (Urbanus) besonders fürchtete. So heisst es z. B. im »Calendarium oeconomicum et perpetuum« des Johannes Colerus, das zuerst 1591 in Wittenberg erschien, beim 1. Mai:

---

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1900. p. 333.

»Ach Gott, behüt allhier vor Meyenfröste« und: »Der Meye ist selten so gut, er setzt dem Zaunpfal einen Hut« (von Schnee); beim 13. Mai: »Für Servatii Tag, sagten die Alten, darf man sich keines gewissen Sommers versehn«, und vom 25. Mai (Urban) giebt es eine so grosse Zahl von Merksprüchen, die dessen Gefährlichkeit speziell für den Wein hervorheben, dass Verf. sie nicht alle anführen will.

Dass Servatius als »gestrenger Herr« allein auftritt und noch nicht in Begleitung des Mamertus und Pankratius (11. und 12. Mai), darf nicht Wunder nehmen, wenn man die Entwickelung des Kirchenkalenders in Erwägung zieht. In den ältern christlichen Kalendern, wie sie im XI.—XIII. Jahrhunderte jedem Gebetbuche, Psalter oder Missale beigegeben waren, findet man nur sehr wenige Tage in jedem Monate mit Heiligen besetzt, so dass die Zeitbestimmungen, ungefähre wie genaue, an diese naturgemäss anknüpfen mussten. Nun stand gerade in der Mitte des Mai der heilige Servatius allein im Kalender. Wollte man also zum Ausdrucke bringen, dass um die Mitte des Mai Fröste oder überhaupt kaltes Wetter zu fürchten ist, so verknüpfte man diese Erfahrung oder Befürchtung zeitlich mit Servatius und machte diesen damit zum Eisheiligen. Wie wenig Heiligentage man im Mittelalter als Marksteine für die Zeitbestimmung oder Datierung hatte, geht auch aus dem sogenannten »Cisiojanus« hervor, jener Sammlung von lateinischen oder deutschen Knüttelversen, welche die Schulkinder — bis in die Zeit von Luther und Melanchthon, die selbst solche Memorialverse gemacht haben — auswendig lernen mussten, um zu wissen, wie viel Tage jeder Monat hat, und zu welchen Tagen die verschiedenen Heiligen gehören.

So heisst es z. B. in einem deutschen Cisiojanus, in dem jedes Wort einen Tag bedeutet, vom Mai:

Philippus das Kreuz erfunden hat,
Johannes leidet das Ölbad.
Gordian sprach zu Servatio:
Wir wollen traun nicht baden also.
Gang flugs, und sag er Urban schnell,
Dass er uns bringe Petronell.

Die Kinder lernten hieraus, dass Servatius auf den 13. Mai fällt.

Umgekehrt spricht der Umstand, dass Servatius bei Colerus noch allein als Eisheiliger genannt wird, für das hohe Alter des an ihn sich knüpfenden Volksglaubens.

Die durch den Gregorianischen Kalender bewirkte Verschiebung dieses Eisheiligen um zehn Tage nach vorwärts wurde vom Landmann kaum störend bemerkt; denn auch am 3. Mai (alten Stils) war die Wahrscheinlichkeit für einen Kälterückfall nicht geringer als am 13. Wenn aber in modernen Arbeiten über die Kälterückfälle im Mai die Frage darauf zugespitzt wird, dass man die Berechtigung des alten Volksglaubens an die »gestrengen Herren« durch Untersuchung des Verhaltens der Tage des 11., 12. und 13. Mai (neuen Stils) zu erweisen oder zu verneinen sucht, so vergisst man eben, dass sich durch die Kalenderreform die Stellung der ent-

sprechenden Heiligen im Solarjahre um 10 Tage verschoben hat. Will man den alten Eisheiligen Servatius retten, so muss die moderne Untersuchung den Anfang des Mai in Betracht ziehen, während die Ergebnisse der zahlreichen Arbeiten über die Tage des 11.—13. Mai dem alten Urban zu Gute kommen.

Wer sich in den Geist volkstümlicher Naturauffassung recht zu versetzen weiss und insbesondere noch in Betracht zieht, wie im Mittelalter die Zeitbestimmung durch Anknüpfung an einige wenige hervorragende Kalenderheilige nur eine ganz ungefähre sein konnte und wollte, der wird aus der Thatsache, dass man am Anfange (1. Philippus Jakobus), in der Mitte (13. Servatius) und noch im letzten Drittel des Mai (23. Urbanus) kaltes Wetter und Frost fürchtete, den einfachen Schluss ziehen: Nach alter volkstümlicher Auffassung und Erfahrung muss man sich während des ganzen Monates Mai noch auf Frostwetter gefasst machen.«

Wetterprognosen auf mehrere Tage voraus, zum Nutzen der landwirtschaftlichen Betriebe. Die im vorigen Jahrgange des Jahrbuches [1]) erwähnten Ausführungen des Prof. van Bebber zu Gunsten von Wetterprognosen auf mehrere Tage voraus, aus denen die Landwirtschaft praktischen Nutzen ziehen könne, haben eine kritische Beleuchtung von Dr. Klein erhalten.[2]) Derselbe weist nach, dass, so wünschenswert solche Prognosen sein mögen, sie bei dem heutigen Zustande der Meteorologie durchaus nicht möglich sind, ausser in gewissen Fällen hohen und ausgebreiteten Barometerstandes. Treten diese ein, so bedarf es keiner Prognosenübermittelung, denn jeder, der nur einige Kenntnis des Wetters besitzt, ist von der Wahrscheinlichkeit der Fortdauer des dann herrschenden Wetters überzeugt. Nur über das schliessliche Ende einer solchen Witterungsperiode kann der einzelne Beobachter nichts sicheres voraussagen, die meteorologischen Zentralstellen aber ebensowenig. Dr. Klein weist dies an den Prognosen der Deutschen Seewarte im einzelnen schlagend nach. Diese Prognosen zeigen in einer nicht selten an das Komische streifenden Weise die Hilflosigkeit der auf den telegraphischen Depeschen und täglichen Wetterkarten beruhenden Prognosen und Sturmwarnungen. Diese Wertlosigkeit hat sich unbefangenen Meteorologen schon längst aufgedrängt, sie ist aber durch die neuesten Untersuchungen von Prof. Hergesell[3]) auch ursächlich so klar nachgewiesen worden, dass wohl alle Einreden verstummen sollten. Auf Grund der Aufzeichnungen gelegentlich der internationalen Ballonfahrten am 13. Mai 1897, 24. März 1899 und 3. Oktober 1899 hat derselbe nämlich die Luftdruckverteilung in 5000 *m* und in 8000 *m* Höhe berechnet und kartographisch dargestellt. Es fand sich, dass dieselbe von der an der Erdoberfläche stattfindenden,

---

1) 10. p. 389—392.
2) Gaea 1900. p. 258 u. ff.
3) Siehe dieses Jahrbuch oben p. 312.

welche die täglichen Wetterkarten darstellen, völlig verschieden ist. Diese letztere, auf welcher die Prognosen der Zentralstellen beruhen, ist eine sehr stark lokal beeinflusste Erscheinung, während die in den obern Luftschichten herrschende für die weitere Umgestaltung bestimmend erscheint. Die Schlüsse aus der an der Erdoberfläche herrschenden, auf dem täglichen telegraphischen Materiale beruhenden Druckverteilung, müssen also meist illusorisch sein, und von den trotzdem richtigen Prognosen beruht ein Teil lediglich auf Zufall. Um dies eklatant zu beweisen, brauchte man nur von der Prognosen ausgebenden Zentralstelle statt der in Worten ausgedrückten Prognose eine rohe Darstellung der Luftdruckverteilung am nächsten Tage zu verlangen (was ja theoretisch dasselbe ist wie die Worte der Prognose), und man würde sogleich finden, dass, besonders in kritischen Zeiten, diese Luftdruckverteilung so gut wie nie richtig vorausgesehen werden wird. Damit ist der Wert der täglichen synoptischen Wetterkarten auf ein wesentlich geringeres Mass reduziert, als viele ihm zuerteilen, die nicht selbst Gelegenheit haben, Wetterprognosen darauf zu begründen.

Schliesslich sagt Verf.: »Man erkennt nun aus dem Vorhergehenden, wie es mit den Wetterprognosen auf mehrere Tage hinaus liegt. Sie sind nur möglich, wenn ein ausgesprochener Typus des hohen Luftdruckes vorherrscht, und dann lautet die Prognose einfach auf Fortdauer der herrschenden Witterung. Man könnte allerdings auch umgekehrt bei ausgesprochenem Vorherrschen tiefen Luftdruckes über Mitteleuropa auf längere Fortdauer der veränderlichen (nassen) Witterung schliessen; allein damit würde man praktisch doch nicht viel erreichen, denn auch innerhalb grösserer Gebiete niedrigen Luftdruckes ist das Wetter recht verschieden, wie die vielen fehlgeschlagenen Tagesprognosen der meteorologischen Zentralstellen beweisen. Nur wenn hoher Luftdruck vorherrscht, ist es möglich, für einige Tage im voraus das Wetter zu prognostizieren, und zwar so gut wie ganz unabhängig von den täglichen Wetterkarten. Je länger die Herrschaft eines barometrischen Maximums schon andauert, um so sicherer kann man im allgemeinen noch auf Fortdauer derselben rechnen. Natürlich tritt aber doch endlich ein Wetterumschlag ein, und es ist nun von grösster Wichtigkeit, diesen zeitlich zu fixieren. Theoretisch müsste solcher am sichersten aus der in den täglichen Wetterkarten angegebenen allgemeinen Luftdruckverteilung erkennbar und bestimmbar sein; aber die Praxis zeigt, dass dies nicht der Fall ist, und wir wissen heute, dass der Grund davon in dem Umstande liegt, dass die Druckverteilung an der Erdoberfläche oft gänzlich verschieden ist von derjenigen in grössern Höhen, die die fernere Umgestaltung bedingt. Gerade die Umschläge der Witterung werden von den auf diesem Materiale beruhenden Tagesprognosen am schlechtesten getroffen, eine Thatsache, die sich aus den täglichen Wetterkarten und Prognosen der Deutschen Seewarte und ebenso aus den Publikationen ähnlicher Zentralstellen

aufs klarste nachweisen lässt. Wer dagegen den Himmelszustand genau berücksichtigt, die Art und Weise, wie die Bewölkung sich einstellt oder verschwindet, besonders aber das Auftreten und die Zugrichtung der Cirruswolken beachtet, wird den Witterungsumschlag mit grösserer Sicherheit voraussehen können. Das Vorstehende lässt offenbar erkennen, dass Wetterprognosen auf längere Zeit hinaus nur unter bestimmten atmosphärischen Verhältnissen möglich sind. Sie treffen regelmässig dann am häufigsten zu, wenn man nach dem Stande des eigenen Ortsbarometers und dem Zustande des Himmels ohne weiteres schon die Fortdauer des herrschenden Wetters für wahrscheinlich hält. Dass aber Prognosen auf längere Zeit hinaus möglich wären, die mit einiger Sicherheit für mehrere Tage hintereinander den kommenden Wechsel der Witterung anzugeben vermöchten, bestreitet Verf. ganz und gar. Solche sind nach dem heutigen Zustande der Meteorologie durchaus unmöglich, und wer sie etwa den Landwirten in Aussicht stellt, steht auf dem Boden der Prognosenfabrikanten à la Falb. Es ist überhaupt ungerechtfertigt, von einem ausgedehntern »Witterungsdienste« grosse Erfolge für die Landwirte zu versprechen. Wetterprognosen, wie solche die Tageszeitungen bringen, haben für das Publikum zweifellos viel Angenehmes, und es will sie nicht missen; aber eine ausgedehnte praktische Erwerbsthätigkeit, wie die landwirtschaftlichen Betriebe darnach zu regeln, wäre eine Thorheit, die sich schnell als solche bekunden würde, lediglich zum Schaden dessen, der sich dazu bereden liess.«

In den Kreisen der privaten Wetterbeobachter sowohl als bei Meteorologen haben diese Ausführungen Beifall gefunden, ja man hat sehr richtig darauf aufmerksam gemacht, dass durch solche mehrtägige Prognosen die Meteorologie noch mehr in Misskredit kommen werde, als sie ohnedem infolge des häufigen Fehlschlagens der täglichen Perioden schon steht. Dr. Grossmann ist dagegen für mehrtägige Prognosen eingetreten,[1]) indem er theoretisch deren Möglichkeit zu behaupten versucht. In einer Entgegnung[2]) wies Dr. Klein Punkt für Punkt die Argumentierungen von Dr. Grossmann zurück und bezeichnete lediglich aus dem Zeitraume der ersten fünf Monate des Jahres 1900 eine lange Reihe von Tagen, für welche sogar die eintägigen Wetterprognosen der Deutschen Seewarte mehr oder weniger völlig verfehlt waren. Dr. Grossmann sagt selbst bezüglich der sogenannten »Sturmwarnungen«: »Grundsätzlich ist ein gewisses Zaudern [in Ausgabe von Sturmwarnungen] geboten, weil solche ohne nachfolgenden Sturm das Ansehen der Warnungen erfahrungsmässig im hohen Grade herabdrücken.« Das ist deutlich gesprochen; denn dieses Verfahren hat nur einen Sinn unter der stillschweigenden Voraussetzung, dass die Sturmwarnungen überhaupt sehr häufig irrig sind. Wenn auch nur in der Hälfte aller Fälle, in

[1]) Annalen der Hydrographie 1900. p. 273.
[2]) Gaea 1900. p. 475.

welchen die Tageskarten einen Sturm vermuten lassen, dieser wirklich einträte, so wäre es geboten zu warnen, weil ja ausserdem noch oft genug Stürme eintreten, die aus den Karten nicht vorherzusehen sind. Nach den eigenen Untersuchungen Dr. Grossmann's traten 1886—1895 nicht weniger als 428 Sturmphänomene ein, vor denen nicht gewarnt worden war, d. h. mehr als 31 % aller Sturmphänomene überhaupt. Ausserdem fanden in demselben Zeitraume 156 Sturmphänomene statt, bei denen die Sturmwarnungen zu spät kamen, d. h. in mehr als 11 % aller Fälle. Überhaupt waren bei 1360 Sturmphänomenen nach Dr. Grossmann's Listen nur 57 % richtiger und zeitiger Sturmwarnungen zu verzeichnen. Dass darunter eine gute Anzahl von Stürmen figurierte, die der erfahrene Seemann auch ohne Warnung voraussah, ist selbstverständlich. In einem Gutachten des Vizeadmirals Knorr in Kiel über die Sturmwarnungen heisst es sogar: »Der Fall, dass ein schwerer Sturm angemeldet wurde, bevor er eintrat, oder bevor die Anzeichen so deutlich waren, dass ihn jeder Wetterkundige voraussah, ist hier (in Kiel) nicht beobachtet.« Ähnlich lauten die Aussagen des Kaiserlichen Korvettenkapitäns Schloepke in Wilhelmshaven. Es kann nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft auch nichts wesentlich Besseres erwartet werden.

Die bisherigen Methoden der Wetterprognose, wie diese z. B. von der Deutschen Seewarte in Hamburg, vom Meteorologischen Institut in Brüssel and andern Anstalten geübt werden, sind nicht weiter entwickelungsfähig. Alle Bemühungen, die kommende Umgestaltung der atmosphärischen Luftdruckverhältnisse aus den Beobachtungen zu ermitteln und Regeln dafür aufzustellen, sind fehlgeschlagen, und schöne Reden können an diesen Thatsachen leider nichts ändern.

Dagegen bietet sich ein neuer und aussichtsreicher Weg in der von Prof. Hergesell begonnenen Erforschung der Luftdruckverhältnisse in den obern Luftregionen. Mit Recht sagt derselbe: »Wer die Luftdruckkarten der verschiedenen Niveaus betrachtet, die von mir veröffentlicht sind, der kann gewiss nicht verkennen, dass die Isobaren des Meeresniveaus nur Erzeugnisse der Luftdruckverteilung in den höhern Schichten sind. Es sind Gebilde von sehr sekundärer Natur, die zwar von grosser Bedeutung für die unten herrschende Witterung sind, aber immerhin nur beschränkte Einblicke in die gewaltige Thätigkeit der Gesamtatmosphäre gestatten. Die Kenntnis der Veränderungen, die in den höhern Regionen von Tag zu Tag eintreten, wird es gestatten, die Veränderungen in den untern Niveaus mit ganz andern Augen zu betrachten und zu verstehen. Verf. ist der Überzeugung, dass die Wetterprognose in der Zeit, in welcher wir Wetterkarten aus dem Niveau von 5000 *m* oder gar 10000 *m* jeden Tag verfertigen können, in ganz anderem Ansehen stehen wird, als heutzutage.«

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 50690

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

XII. Jahrgang 1901.

Mit 5 Tafeln in Schwarz- und Buntdruck.



EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1902.

Inhaltsübersicht.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Die Sonne.

Sonnenstatistik 1900. Die Relativzahlen der Sonnenflecke sind wiederum von A. Wolfer festgestellt worden.[1] Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate auf Grund der in Zürich und an fünfzehn andern Orten angestellten Beobachtungen, und zwar bezeichnet n die Zahl der Beobachtungstage, m die Zahl der fleckenfreien Tage, und r die mittlere Relativzahl.

1900	n	m	r
Januar	31	10	9.4
Februar	28	13	13.6
März	31	14	8.6
April	30	3	16.0
Mai	31	8	15.2
Juni	30	9	12.1
Juli	31	14	8.3
August	31	21	4.3
September	30	13	8.3
Oktober	31	8	12.9
November	30	16	4.5
Dezember	31	29	0.3
Jahr	365	158	9.5

»Das Jahresmittel r = 9.5 hat gegenüber dem vorhergehenden Jahre (r = 12.1) wenig abgenommen, auch die einzelnen Monatsmittel halten sich durchschnittlich noch auf beträchtlicher Höhe, die ganz niedern Zahlen, — August, November, Dezember — wie sie sich sonst in der unmittelbaren Nähe eines Minimums anzuhäufen pflegen, bilden immer noch Ausnahmen. Zieht man frühere Minima zur Vergleichung herbei, so würde 1900 etwa den Jahren 1877 und 1888 an die Seite zu stellen sein, die beide den damaligen Minimalepochen noch um ein Jahr voraus gingen. Auch die Zahl der flecken-

[1] Astron. Mitteilungen von A. Wolfer No. 92. Vierteljahrsschrift der Naturforsch. Gesellschaft in Zürich 1901. p. 28.

freien Tage, obschon grösser als 1899, hat noch nicht diejenige Grenze erreicht, die für ein Minimum im allgemeinen bezeichnend ist. So zählt das Minimaljahr 1889 deren 212, 1878 sogar 280, während 1888 erst 151, 1877 nur 142 enthielt; auch in dieser Hinsicht würde also 1900 den beiden letztgenannten entsprechen, d. h. ein Jahr vor einem Minimum sein.« Endlich ist hinzuzufügen, dass Wolfer im Jahre 1900 nur zwei vereinzelte, je bloss einen Tag bestehende kleine Flecke in höhern Breiten beobachtet hat, den einen am 30. August in 21°, den andern am 24. September in 25°; die ersten Anzeichen der neuen Thätigkeitsperiode sind also auch in diesem Jahre in noch kaum merklicher Zahl zu konstatieren gewesen. »Es ist mit Sicherheit anzunehmen, dass die Epoche des Minimums frühestens in das Jahr 1901 fallen wird; die Beobachtungen der ersten Monate von 1901 scheinen nun allerdings zu zeigen, dass sie unmittelbar bevorsteht, wenn nicht schon erreicht ist.«

Hauptzentra der Sonnenthätigkeit. A. Wolfer hat seit 1887 Beobachtungen begonnen, um die Verteilung der Flecken-, Fackeln- und Protuberanzenbildungen auf der Sonne mit Bezug auf deren Verteilung in der Richtung der Rotation (also unter verschiedenen Meridianen) festzustellen. Diese Beobachtungen wurden bis 1900 nach dem nämlichen Verfahren fortgeführt, und Lücken durch Aufzeichnungen der italienischen Sonnenbeobachter ergänzt. Wolfer hat bis jetzt 81 Rotationsperioden der Sonne, einen sechsjährigen Zeitraum umfassend, untersucht und dadurch mehrere interessante Ergebnisse festgestellt.[1]) Zunächst ergab sich, dass die Sonnenthätigkeit deutlicher und regelmässiger durch die Fackeln als durch die Flecke angezeigt wird, indem man erstere oft an Stellen fortbestehen sieht, wo die letztern bereits verschwunden sind. Die Fackeln stellen durch ihre Dauerhaftigkeit die Verbindung zwischen den einzelnen Rotationsperioden her, und man kann öfter Fackeln an ein und derselben Stelle der Sonnenoberfläche während einer grössern Anzahl von successiven Rotationen wahrnehmen. Dies beweist, dass während dieser ganzen Zeit die erste Ursache der Sonnenthätigkeit an der betreffenden Stelle angedauert hat. Auch die Wasserstoffprotuberanzen zeigen eine Tendenz zur Gruppenbildung und zum Verweilen an bestimmten Orten; selbst während mehrerer Rotationsperioden können sie an derselben Stelle wahrgenommen werden; doch ist diese Eigenheit bei ihnen weniger ausgesprochen wie bei den Flecken und namentlich wie bei den Fackeln.

Bezüglich der Verteilung der verschiedenen Elemente der Sonnenthätigkeit: Flecke, Fackeln und Protuberanzen nach der heliographischen Breite lehren die Karten nichts, was nicht schon bekannt gewesen wäre; aber die Thatsachen treten hier mit grösserer Schärfe

---

[1]) Memorie della Soc. degli Spettrosc. Ital. 1900. 29 p. 152.

auf und weisen unverkennbarer darauf hin, dass die Sonnenthätigkeit eine Tendenz besitzt, sich in bestimmten Gegenden zu konzentrieren und dort während einer Reihe von successiven Rotationen der Sonnenkugel fortzudauern. Es schien Prof. Wolfer daher von Interesse, die Dauer dieser Lokalisation und die Verteilung der verschiedenen Thätigkeitsherde während eines längern Zeitabschnittes zu untersuchen. Die kartographische Darstellung der Verteilung der Phänomene, die für die Zeit vor dem Fleckenminimum und für die nach demselben getrennt vorgenommen worden, zeigt, dass die Gebiete der Thätigkeit, die durch die Fackelgruppen angezeigt werden, nicht gleichmässig über alle Meridiane ihrer Zone verteilt sind; sie bilden vielmehr mehr oder weniger gedrängte Haufen, die sich um zwei diametral entgegengesetzte Meridiane gruppieren, und zwar sowohl in der Periode 1887—1889 wie in der 1890—1892. Dennoch zeigen sich die dem Carrington-Spörerschen Gesetze entsprechenden Verschiebungen in der heliographischen Breite. Das nämliche lehren die Karten der Flecke und Protuberanzen, wenn auch weniger deutlich. Ferner zeigen die Karten, dass in den beiden dreijährigen Perioden die Bildung der Flecke und Fackeln in den Umgebungen einiger Hauptzentren stattgefunden hat, welche ohne Unterbrechung fortbestanden. In den Jahren 1887—1889 existierten zwei derartige Zentra, die beide in der Nähe des Äquators einander diametral gegenüberstanden. In der Epoche 1890—1892 gab es vier, und zwar zwei auf jeder Hemisphäre, jede der andern opponiert. Diese Zentra lassen eine Verschiebung an der Sonnenoberfläche erkennen, welche in der Periode 1887—1889 eine Zunahme ihrer heliographischen Länge ziemlich proportional der Zeit herbeiführte, während in der Periode 1890—1892 eine ähnliche Verschiebung, jedoch entsprechend einer Abnahme der heliographischen Länge, stattfand. Der Grund für diese Verschiebungen liegt, wie Wolfer zeigt, in der schon durch die Fleckenbeobachtungen konstatierten, ungleichmässigen Bewegung der Sonnenoberfläche, deren definitive Feststellung erst auf Grund der Beobachtungen der ganzen Periode möglich sein wird, während vorläufig ihre Berechnung nur eine annähernde gewesen.

»Das interessanteste und für die Sonnenphysik wichtigste Ergebnis ist folgendes: Die Erscheinungen der Sonnenthätigkeit in Gestalt von Flecken und Fackeln treten während langer Perioden in den Umgebungen gewisser Hauptzentra auf, in denen ohne Unterbrechung die Hauptursache dieser Thätigkeit persistiert. Derartige Feststellungen führen zweifellos zu dem Schlusse, dass die diese Thätigkeit bestimmenden Ursachen sich nicht ausserhalb der Sonnenkugel finden, sondern in ihr selbst residieren müssen, wahrscheinlich nicht weit von der Oberfläche. Die Vergleichung der Beobachtungen nach 1893 bis Ende 1900 wird zeigen, ob diese Thätigkeitszentra an der Sonnenoberfläche sich in Permanenz befinden, welches ihre etwaige Dauer sein mag, und welche Beziehungen zwischen

ihnen existieren. Eine summarische Reduktion der gesammelten, aber noch nicht veröffentlichten Beobachtungen scheint in der That zu bestätigen, was wir oben gefunden haben.«

Über die Periode der Sonnenflecke hat S. Newcomb eine spezielle Untersuchung angestellt.[1]) Er stützt sich dabei auf 26 beobachtete Maxima ihrer Häufigkeit zwischen 1615 und 1893 und auf eine gleiche Anzahl Minima von 1610 bis 1889, die er den Feststellungen von Wolf entnimmt. Daneben benutzt er als Epochen noch sogenannte »Halbzeitphasen« der zu- und abnehmenden Fleckenthätigkeit. Dieselben bestimmt er, indem er die Hälfte der Summe der Relativzahlen eines Minimal- und Maximaljahres nimmt und die in den jährlichen Relativzahlen dieser entsprechende Epoche als die der »Halbzeitphase« berechnet. Als Endwert findet Newcomb:

mittlere Dauer der Fleckenperiode: 11.13 $\pm$ 0.02 Jahre,
Zunahme vom Minimum zum Maximum: 4.62 Jahre,
Abnahme vom Maximum zum Minimum: 6.51 Jahre.

Auch kommt Newcomb zu dem Ergebnisse, dass, entgegen der Annahme Spörers, keine systematische Differenz zwischen der nördlichen und südlichen Hemisphäre bezüglich der Phasen der Fleckenthätigkeit besteht, während allerdings jede Hemisphäre für sich beträchtlichen Unregelmässigkeiten in dieser Beziehung unterliegt. Spörer hatte auch gefunden, dass die Fleckenhäufigkeit der südlichen Hemisphäre grösser als die der nördlichen war. Dies wird durch die neuern Greenwicher Beobachtungen bestätigt, und Newcomb giebt folgende Tabelle für die gesamte Fleckenthätigkeit jeder Hemisphäre, wobei er Spörers Zahlen für 1856—1877 und die Greenwicher mittlern täglichen Fleckenareale für die Zeit von 1878—1898 benutzt.

	Nördl.	Südl. Hemisphäre	S—N.	
1856—66	3442	3680	238	Spörer
67—77	3247	3698	451	„
78—88	2479	3434	955	Greenwich
89—98	3198	3908	710	„

Hiernach war in der That die Fleckenthätigkeit der südlichen Sonnenhemisphäre mindestens in den letzten fünf Fleckencyklen um $^1/_5$ grösser als die der nördlichen. Schliesslich giebt Newcomb noch folgende Epochen der Maxima und Minima der Flecken gemäss seiner Rechnungen:

Maxima	Minima
1871.52	1878.03
1882.65	1889.16
1893.78	1900.29
1904.91	1911.42
1916.04	1922.55
1927.17	1933.68.

[1]) Astrophys. Journ. 1901. 13. p. 1.

Gallium in der Sonnenatmosphäre. In der Gruppe der sogenannten Erdmetalle zeichnet sich das in einigen Zinkblenden sehr selten vorkommende Gallium durch ein Spektrum aus, welches aus zwei glänzenden violetten Linien besteht. Durch dieses wurde das Gallium als besonderes chemisches Element auch zuerst erkannt. In den Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Dublin haben Hartley und Ramage eine Arbeit über die Wellenlängen der Hauptlinien des Galliumspektrums veröffentlicht. Sie haben für die beiden hervorragenden Linien desselben die Wellenlängen $\lambda = 4172.214$ und 4033.125 gefunden. Die einschlägigen Messungen wurden an den umgekehrten (dunklen) Linien ausgeführt, die das Flammenbogenspektrum von Eisen lieferte, welches einen starken Zusatz des beim Verbrennen von Galliumferrocyanid erhaltenen Rückstandes enthielt. Die genannten Forscher, welche früher schon den Nachweis geliefert haben, dass das Gallium fein verteilt in der Erdrinde ist, in den Aschen und dem Staube der Vulkane Neuseelands und des Krakatau sich findet und auch mit Nickel und Kobalt vereint in Eisenmeteoriten auftritt, finden jetzt, dass es auch in der Sonne vorhanden ist. Im Sonnenspektrum finden sich nämlich zwei dunkle Linien, deren Wellenlängen sind $\lambda = 4172.122$ und 4033.112. Hartley und Ramage glauben, dass diese Linien mit denjenigen des Galliums identisch sind. Allerdings dürfte die Menge des Galliums in der Sonne im Verhältnis zu ihrer Eisenmenge eine geringe sein, indem dem Sonnenspektrum am besten das Flammenbogenspektrum von Stichofeneisen ähnelt, das auf 30 000 Gewichtsteile Eisen einen Gewichtsteil Gallium enthält.

Die Strahlenbrechung auf der Sonne und das Wesen der Protuberanzen. Bekanntlich hat Prof. Dr. A. Schmidt in Stuttgart zuerst den wichtigen Einfluss erkannt und nachgewiesen, den die Strahlenbrechung in der Sonne selbst auf den Lauf der Strahlen, welche unser Auge erreichen, und die Gestalten, die sich uns damit darbieten, ausübt. Es kann hiernach keinem Zweifel unterliegen, dass jede Sonnentheorie auf die Strahlenbrechung in der Sonnenatmosphäre Rücksicht nehmen muss. Einen Beitrag zu dieser Frage lieferte neuerdings W. H. Julius in Utrecht,[1] indem er den Einfluss anomaler Dispersion der Lichtstrahlen auf gewisse am Sonnenrande und in den Sonnenflecken beobachtete Erscheinungen untersuchte und nachwies, dass dieselben in der That als Folgen anomaler Dispersion des Lichtes betrachtet werden können.

Gewisse von Julius näher beschriebene Versuche mit gelbem Natriumlichte (dessen Spektrum hauptsächlich aus den beiden Linien D_1 und D_2 besteht) führten ihn zu folgendem Schlusse:

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3672.

1. Wenn Licht, von einer Quelle mit kontinuierlichem Spektrum herrührend, einen Raum durchsetzt, in dem Natriumdampf ungleichmässig verteilt ist, so werden die Strahlen in der Umgebung der D-Linien in weit stärkerem Masse als alle übrigen ihre Richtung ändern. Vor allem bezieht sich das auf solche Lichtarten, deren Wellenlänge denen von D_1 und D_2 so nahe ist, dass dieselben von dem Natriumlichte kaum zu unterscheiden sind. Schwachleuchtendem, vom weissen Lichte einer starken Quelle durchstrahltem Natriumdampf kann also in schiefer Richtung (d. h. unter einem gewissen Winkel mit der Richtung der einfallenden Strahlen) ein ziemlich intensives Licht zu entspringen scheinen, das dem Natriumlicht täuschend ähnlich ist und dennoch in der fremden Quelle seinen Ursprung hat.

2. Untersucht man das Licht, das den mit Natriumdampf erfüllten Raum nahezu geradlinig durchsetzt, spektroskopisch, so kann der Fall eintreten, dass die Absorptionslinien stark verbreitert erscheinen infolge des Umstandes, dass das dahin gehörige Licht für den grössten Teil seitwärts abgelenkt wird und also den Spalt des Spektroskopes nicht erreicht.

Die erste dieser Folgerungen wendet Julius nun auf Erscheinungen in der Umgebung der Sonnenscheibe an und findet, dass sie ausreicht, um die Hauptcharaktere im Aussehen der Linien der Chromosphäre völlig zu erklären. Diese Linien sind an ihrer Basis gewöhnlich breit und laufen pfeilförmig zu, namentlich die Wasserstofflinien der Chromosphäre. Diese eigentümliche Gestalt der Chromosphärenlinien ist freilich auch, wie es gewöhnlich geschieht, zu erklären aus der Annahme, dass sich in der Chromosphäre intensiv strahlende Gase und Metalldämpfe befänden, deren Dichte nahe an der Photosphäre sehr bedeutend wäre und nach aussen hin schnell abnähme. Das beobachtete Licht würde alsdann ausschliesslich von diesen leuchtenden Dämpfen herrühren. Das neue Erklärungsprinzip des Chromosphärenlichtes schliesst nun freilich die Annahme, es entspringe thatsächlich teilweise der Eigenstrahlung glühender Gase, keinesfalls aus; Julius behauptet nur, dass es sich in den meisten Fällen als abgelenktes Photosphärenlicht auffassen lässt. Eine nähere Zusammenstellung der verschiedenen Sonnenphänomene muss entscheiden, welche Erklärung uns das beste Gesamtbild gewährt.

»Öfters« sagt er weiter, »erscheinen die Chromosphärenlinien in sonderbarer Gestalt, mit Verdickungen, Ästen, Büscheln, abgelösten Teilen u. s. w. Bis jetzt hat man dies nur nach dem Dopplerschen Prinzip zu erklären gewusst, also durch die Voraussetzung, die strahlenden Gase nähern oder entfernen sich mit ungeheuren Schnelligkeiten, bis über 200 *km* in der Sekunde. Wie von den Astronomen allgemein anerkannt wird, stösst man mit dieser Erklärung auf grosse Schwierigkeiten, auf die wir aber hier nicht näher einzugehen brauchen.

Neben dem Dopplerschen Prinzip können wir jetzt in dem der anomalen Dispersion ein anderes anführen, das gleichfalls einem Gase die Fähigkeit beilegt, uns unter gewissen Umständen Licht zugehen zu lassen, welches von den für diesen Stoff charakteristischen Strahlenarten in der Wellenlänge abweicht.

In einiger Entfernung über dem Sonnenrande befinde sich z. B. Wasserstoff von an verschiedenen Stellen sehr ungleicher Dichtigkeit. Derselbe wird alsdann nicht bloss sein eigenes Licht ausstrahlen, sondern auch stellenweise Photosphärenlicht von benachbarten Wellenlängen nach der Erde hinbiegen. Im Spektrum zeigt sich dies selbstverständlich als Auswüchse oder Verzweigungen der Wasserstofflinien oder als isolierte Lichtflecken in deren Nähe. Diese Erscheinungen wird man insonderheit erwarten können, wenn der Spalt auf Protuberanzen, wo heftige Bewegungen stattfinden, und also auch wohl bedeutende Dichtigkeitsdifferenzen vorkommen, eingestellt worden ist.

Obgleich nun unsere neue Erklärung dieser Unregelmässigkeiten im Spektrum gleichfalls auf der Voraussetzung beruht, dass mit denselben heftige Bewegungen in der Sonnenatmosphäre verbunden seien, so brauchen wir dennoch offenbar die ungeheuren Geschwindigkeiten, welche die Erklärung nach Dopplers Prinzip erfordern würde, keineswegs anzunehmen.

Von all' dem Lichte, das Chromosphäre und Protuberanzen uns zusenden, mag also ein Teil von der Eigenstrahlung der daselbst befindlichen Gase herrühren — ein anderer, wahrscheinlich sehr bedeutender Teil ist als gebrochenes Photosphärenlicht zu deuten.

Lassen wir momentan die eigene Strahlung der Gase in der Sonnenatmosphäre ausser Betracht, so werden bei radialer Lage des Spaltes diejenigen Chromosphärenlinien am längsten und am hellsten sein, die den Absorptionslinien, für welche die Erscheinung der anomalen Dispersion am kräftigsten hervortritt, entsprechen. Wir bemerken, dass die beiden Natriumlinien die Fähigkeit, diese Phänomene hervorzurufen, in sehr verschiedenem Grade besitzen. Setzen wir voraus — was gewiss nicht zu kühn ist —, dass auch die Linien des Wasserstoffs und der andern Chromosphärengase ähnliche individuelle Unterschiede darbieten, so wissen wir gleich, weshalb im Chromosphärenspektrum einige Linien eines Elementes lang, andere kurz sind, und weshalb daselbst die Intensitäten der Linien eines nämlichen Elementes sich oft so durchaus anders zu einander verhalten als im Emissionsspektrum oder im Fraunhoferschen Absorptionsspektrum. Freilich wird man die anomale Dispersion einer Anzahl Substanzen gründlich untersuchen müssen, um bestimmen zu können, inwiefern unsere Betrachtung im stande sei, die schon bekannten oder noch aufzufindenden Einzelheiten im Chromosphärenspektrum zu deuten. So wird es sich z. B. zeigen müssen, ob jene Elemente, deren Linien im Chromosphärenlicht am meisten

hervortreten, auch in der That besonders starke anomale Dispersion veranlassen — ein ausgedehntes, noch kaum betretenes Feld der experimentellen Forschung.«

Die zweite oben erwähnte Folgerung wendet Julius auf die Sonnenflecke an. Im Spektrum derselben zeigen sich bekanntlich viele Fraunhofersche Linien stark verbreitert. Man hat dies bis jetzt ausschliesslich der Anwesenheit verdichteter, absorbierender Gase zugeschrieben. Indem sich Julius auf den Standpunkt der Schmidtschen Sonnentheorie stellt, kommt er zu dem Resultate, dass Strahlen, welche in der Sonne anomale Dispersion erlitten haben, im Fleckenspektrum teilweise fehlen müssen und eben dadurch die Fraunhoferschen Linien verbreitert erscheinen.

Über die Bedeutung der anomalen Dispersion des Lichtes für die Theorie der Sonnenchromosphäre und der Protuberanzen verbreitete sich, auf Grund eigener Versuche, J. Wilsing,[1]) und er kommt zu dem Ergebnisse, dass keine Veranlassung vorliege, die ältern Anschauungen über die Natur der Chromosphäre und der Protuberanzen zu verlassen.

Die Versuche von W. H. Julius über die anomale Dispersion des glühenden Natriumdampfes haben diesen (vergl. die vorhergehende Darlegung) zu einer neuen, auf die anomale Dispersion der Metalldämpfe begründete Erklärung der im Spektrum der Sonnenchromosphäre sichtbaren hellen Linien und des bei totalen Sonnenfinsternissen auftretenden »flash« geführt. Später hat Ebert[2]) gezeigt, wie mit Hilfe glühenden Natriumdampfes durch anomale Dispersion Erscheinungen hervorgerufen werden können, welche den am Sonnenrande sichtbaren Protuberanzen sehr ähnlich sind. Die Bestätigung der Theorie Julius, welche sich auch dadurch zu empfehlen scheint, dass die in den Chromosphärenlinien auftretenden Verzerrungen sich mit Leichtigkeit erklären lassen, ohne dass man, bisher vom Dopplerschen Prinzip ausgehend, zur Annahme ausserordentlich grosser Geschwindigkeiten genötigt wird, hängt indessen, wie er selbst ausdrücklich bemerkt, wesentlich davon ab, ob auch andere Stoffe anomale Dispersion zeigen. Kundt hielt in Übereinstimmung mit der Theorie das Vorhandensein anomaler Dispersion für Licht, dessen Wellenlänge sich der Wellenlänge der Eigenschwingung des Gases nähert, für eine allgemein gültige Eigenschaft der Gase. Indessen ist der Nachweis einer merklichen anomalen Dispersion ausser für Natrium bisher nur für Kalium von Winkelmann[3]) und für Thallium von Wood[4]) erbracht worden. Diese Untersuchungen haben aber für die Theorie der Chromosphäre keine Bedeutung, da Kalium und Thallium nicht zu den Elementen gehören, welche nach Young stets in der Chromosphäre vorhanden sind. Vielmehr kommen in erster Linie Wasserstoff, Calcium und Helium in Betracht, dann folgen Natrium, Magnesium und Eisen. Die Cal-

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3735.

[2]) Die anomale Dispersion glühender Metalldämpfe und ihr Einfluss auf Phänomene der Sonnenoberfläche. Astron. Nachr. 155. No. 3708.

[3]) Notiz zur anomalen Dispersion glühender Metalldämpfe. Wied. Ann. 32. p. 439.

[4]) On the production of a line spectrum by anomalous dispersion and its application to the »flash spectrum«. Astrophys. Journal 1901. 13.

ciumlinien H und K sind zuweilen in den bei totalen Sonnenfinsternissen sichtbaren »weissen« Protuberanzen sogar intensiver als die Wasserstofflinien, so dass Hale mit seinem Spektroheliographen die Protuberanzen im Lichte der K-Linie zu photographieren vermochte. Aus diesem Grunde ist die Feststellung, ob Wasserstoff, Calcium und Helium starke anomale Dispersion zeigen, von fundamentaler Bedeutung für die neue Theorie. Wilsing hat nun einige Versuche angestellt, aus welchen hervorgeht, dass die anomale Dispersion des glühenden Calciumdampfes im Vergleiche zu derjenigen des Natriumdampfes unmerklich ist. Zur Verdampfung des Calciums benutzte er den Lichtbogen, welchen die Sonnenstrahlen, von einer schmalen durch den Heliostaten beleuchteten Öffnung ausgehend, durchsetzten, bevor sie durch eine Linse auf dem Spalte des Spektroskopes vereinigt wurden. Während nun beim Hineinbringen von Natrium in den Bogen die Verzerrung des Spektrums in der Nähe der D-Linien, der Beschreibung von Julius entsprechend, in sehr auffallender Weise hervortrat, konnte trotz intensiver Färbung des Bogens und starker auf bedeutende Dichte des Dampfes hinweisender Verbreiterung der Linien das Vorhandensein einer merklichen Dispersion für den Calciumdampf nicht festgestellt werden.

Es liegt auf der Hand, dass die Verschiebungen der Spektrallinien, welche im Spektrum der Protuberanzen auftreten und nach dem Dopplerschen Prinzip zur Annahme sehr bedeutender Geschwindigkeiten in Richtung des Visionsradius führen, durch die Theorie von Julius eine zwanglose Erklärung finden, da die Wellenlänge des Lichtes, welches durch anomale Dispersion der am Sonnenrande befindlichen Metalldämpfe nach der Erde abgelenkt wird, verschieden ist von der Wellenlänge der Eigenschwingungen der betreffenden Dämpfe. Da man aber, hebt Wilsing hervor, durch die direkte Beobachtung des Aufsteigens der Protuberanzen in der Richtung senkrecht zum Visionsradius auf Geschwindigkeiten gleicher Grössenordnung geführt wird, wie durch die Linienverschiebungen, so erhält die ältere Anschauung, welche eine wirkliche Bewegung der Materie annimmt, eine starke Stütze. Wollte man dieses »Aufsteigen« der Dämpfe nach der Dispersionstheorie als optische Täuschung auffassen, so scheint ihm nur die etwas gezwungene Annahme möglich, dass die Begrenzung der Dampfwolke im Beginne der Erscheinung eine solche ist, dass nur vom Fusse derselben Licht durch anomale Brechung zur Erde gelangen kann. Dann bedarf es in der That nur einer verhältnismässig geringfügigen Änderung in der Begrenzung und in der Lage der Schichten gleicher Dichtigkeit, um auch die höhern Teile der Wolke in erborgtem Photosphärenlichte sichtbar zu machen. Allein diese Erklärung des Vorganges dürfte nach Wilsing einer genauern Prüfung nicht Stand halten, da die Beobachtung zeigt, dass die Gestalt und Ausdehnung einer Protuberanz, wie sie im weit geöffneten Spalte des Spektroskopes sichtbar wird, im Lichte der Linien verschiedener Wellenlänge gewöhnlich nicht merklich verschieden ist. Die Unterschiede in den feinern Details z. B. bei Benutzung der Linien Hα und Hβ dürften sich nach der ältern Theorie leicht zum grössern Teile aus der verschiedenen Helligkeit und Schärfe beider Linien mit Berücksichtigung rein physiologischer Umstände erklären, da das Auge des Beobachters häufig für rotes und blaues Licht nicht in gleichem Masse empfindlich ist. Vom Standpunkte der Dispersionstheorie würde aber Gleichheit der Gestalt der Protuberanzen in rotem und blauem Lichte auch die Gleichheit der anomalen Brechung für die Hα und Hβ benachbarten Strahlen erfordern; im andern Falle müsste die noch niemals beobachtete Erscheinung eintreten, dass im Spektrum einzelner Teile einer Protuberanz z. B. eine Linie in der Nähe von Hα sichtbar wäre, während die entsprechende Linie bei Hβ fehlte. Diese Voraussetzung genau gleicher Dispersion ist aber bereits für die beiden Natriumlinien D_1 und D_2 nicht

erfüllt und hat noch weniger Wahrscheinlichkeit, wenn man jene Betrachtung auch auf die Linien des mit dem Wasserstoffe stets gemeinsam auftretenden Heliums und Calciums ausdehnt.

Die Erklärung der bekannten Erscheinung, dass die Heliumlinie D_3 nur am Sonnenrande und zuweilen in der Umgebung der Flecke als helle Linie auftritt, während die entsprechende Absorptionslinie im normalen Spektrum fehlt, gelingt scheinbar nach der Dispersionstheorie ohne Schwierigkeit und soll hervorgehoben werden, da Julius dieselbe nicht erwähnt, Vom Standpunkte der ältern Theorie aus habe ich,[1]) fährt Wilsing fort, die Schwierigkeit, welche darin liegt, dass das Auftreten der Emissionslinie ohne entsprechende Absorptionslinie mit dem Kirchhoffschen Satze im Widerspruche zu stehen scheint, durch die Annahme zu umgehen versucht, dass die helle Linie am Rande nur deshalb sichtbar ist, weil die Ausdehnung der leuchtenden Schicht in der Richtung des Visionsradius am Sonnenrande verhältnismässig sehr bedeutend ist, während die Gasmasse bei einfacher Schichtdicke in der Mitte der Sonnenscheibe nur wenig Licht aussendet und deshalb auch nicht die Absorptionslinie hervorzurufen vermag. Nach der Dispersionstheorie braucht man nur die einfache Annahme zu machen, dass die Emission des Gases in der Chromosphäre verschwindend gering ist, da das am Rande der Sonnenscheibe sichtbare Licht von der Photosphäre herrührt. Doch lässt sich leicht zeigen, dass diese Erklärung des Auftretens der Linie D_3 aus andern Gründen mit den Beobachtungen ganz unvereinbar ist. Denn es erstreckt sich die anomale Dispersion nicht auf die Strahlen selbst, deren Wellenlänge der Eigenschwingung des betr. Gases entspricht, sondern wesentlich auf ein Gebiet, welches von beiden Seiten bis an jene Strahlen heranreicht, und zwar ist der Brechungsexponent auf beiden Seiten der normalen Linie verschieden, kleiner, resp. grösser als die Einheit. Bei normaler Schichtung der Gasmassen in der Chromosphäre, wenn die Dichtigkeit mit der Entfernung von der Sonne abnimmt, können daher nur Strahlen, welche auf der einen Seite der normalen Linie des betr. Gases liegen, zur Erde gelangen. Julius nimmt daher mit Recht an, dass merkliche Verschiebungen der hellen Linien in der Chromosphäre in unmittelbarer Nähe des Randes auftreten müssten, während in grösserer Höhe bei unregelmässiger Dichtigkeitsverteilung auch von der andern Seite der normalen Linie Strahlen, deren Brechungsindex kleiner als die Einheit ist, durch Dispersion wahrnehmbar würden. Streng genommen müsse also im letztern Falle eine feine Doppellinie auftreten, deren Mitte nicht merklich gegen die normale Linie verschoben sei. Nun haben aber Hale,[2]) J. F. Mohler und L. E. Jewell[3]) sehr genaue Bestimmungen der Wellenlänge der gelben Doppellinie des Heliums und der Linie D_3 sowohl in der Chromosphäre als in der Nähe von Flecken ausgeführt, und die Übereinstimmung der Wellenlänge der Linie D_3 mit derjenigen der entsprechenden Linie des Heliums ist gerade in dem Falle eine vollkommene, in welchem nach der Dispersionstheorie merkliche Unterschiede auftreten müssten.

Nach diesen Darlegungen liegt keine Veranlassung vor, die ältern Anschauungen über die Natur der Chromosphäre und der Protuberanzen, wenn man zunächst von der weniger bekannten Erscheinung des »flash« absieht, zu gunsten der neuen Theorie zu verlassen, wenn auch zuzugeben ist, dass die interessanten von Julius und Ebert betrachteten Erscheinungen besonders in Gegenwart glühender Natriumdämpfe merkbar werden können.

---

[1]) J. Scheiner, Die Spektralanalyse der Gestirne, p. 202. Leipzig 1890.

[2]) Note on the D_3-line in the spectrum of the chromosphere. Astrophys. Journal 2.

[3]) On the wave-length of some of the Helium lines in the vacuum tube and of D_3 in the sun. Astrophys. Journal 3.

Das infrarote Sonnenspektrum. Prof. Langley hat nunmehr seine vieljährigen Beobachtungen über das infrarote oder von ihm sogenannte »neue« Sonnenspektrum veröffentlicht.[1])

Die Wichtigkeit dieser Arbeit erhellt schon allein aus dem Umstande, dass das ganze sichtbare Spektrum zwischen den Linien H und A, sowie das ultraviolette zusammen, in ihrer Erstreckung nur 0.2 der Gesamtenergie der Sonnenstrahlung repräsentieren, während 0.8 auf den infraroten Teil der letztern entfallen. Die Untersuchung dieser ultraroten Strahlen und die Bestimmung der zahlreichen dort vorkommenden Absorptionslinien, die als »kalte« Linien zu bezeichnen sind (in Analogie mit den »dunklen« im sichtbaren Spektrum), hat die wichtigste Förderung überhaupt erst durch Prof. J. P. Langley nach dessen Erfindung des Bolometers (1880) erhalten, das nun an Stelle der bis dahin gebräuchlichen Thermosäule trat. Durch fortwährende Vervollkommnungen ist es Langley gelungen, die Empfindlichkeit des Bolometers von 0.0001^0 auf 0.000 0001^0 zu steigern und ebenso die Messung der kalten Linien in Bezug auf Wellenlänge bis zu einem sehr hohen Grade der Genauigkeit zu treiben. Langleys Untersuchungen des infraroten prismatischen Spektrums begannen 1881 auf dem Alleghanyobservatorium, wurde dort 1892 wieder aufgenommen und im Juli 1900 abgeschlossen. Damals war dieses Spektrum nur bis zur Wellenlänge 1 μ bekannt, allein Langley mass über jene Grenze hinaus noch zahlreiche »kalte« Linien, und er bestimmte deren Wellenlänge bis 1.8 μ, d. h. bis zu einer mit dem Buchstaben Ω bezeichneten Linie. In der reinen Luft des 4000 *m* hohen Mount Whitney machte er dann die Entdeckung, dass über Ω hinaus noch ein weiteres Spektrum dieser Art liegt, dessen Ende nicht abzusehen war. Mit seinem damaligen Apparate kam er bis zu einem kalten Bande X von 2.8 μ Wellenlänge. Bei dieser Gelegenheit bestimmte Langley auch die Grösse der Sonnenstrahlung, d. h. die sogenannte Sonnenkonstante und fand, dass ausserhalb der Atmosphäre, bei senkrechtem Auffallen, die Wärmestrahlung der Sonne so gross ist, um pro Minute und Quadratzentimeter der Oberfläche 1 *g* Wasser um mindestens 3^0 C. in seiner Temperatur zu erhöhen, mit andern Worten, dass die Sonnenwärme ausreicht, um in jedem Jahre eine die ganze Erdoberfläche bedeckende Eisschicht von 54.5 *m* Dicke zu schmelzen.

Mit Benutzung von Glasprismen war es nicht möglich, zu grössern Wellenlängen als 2.8 μ vorzudringen, dies gelang erst unter Anwendung von Steinsalzprismen. Die Methode, welche Prof. Langley hierbei anwendete, ist folgende: Ein Prisma aus sehr reinem Steinsalz war auf einem Azimutalkreise befestigt, der durch ein Uhrwerk gleichmässig gedreht wurde, so dass das Spektrum sich in

---

[1]) Annals of the astrophysical Obs. of the Smithsonian-Institution 1.

einer bestimmten Zeiteinheit um einen bestimmten stets gleich grossen Teil über den Spalt des Bolometers fortbewegte. Sobald eine kalte Linie des Spektrums vorbeizog, wurde das Bolometer abgekühlt und der elektrische Strom verstärkt. Das Bolometer ist mit dem Galvanometer verbunden, und dessen Ausschläge werden auf einer Platte photographisch registriert, die von dem obenerwähnten Uhrwerke synchronisch verschoben wird. Auf diese Weise wurde es möglich, mit grosser Schärfe und in relativ kurzer Zeit die Lage der kalten Linien und Bänder im infraroten Spektrum bis zur Wellenlänge 5.3 μ zu bestimmen.

In der oben angegebenen Publikation giebt Prof. Langley Tabellen und Karten dieses unsichtbaren Spektrums, welche fast 750 Linien enthalten, von welchen die meisten jenseits der Wellenlänge 1.4 μ liegen, und die fast alle neu sind. Für jede Linie wurde die relative Absorption der Sonnenenergie, welche sie hervorruft, bestimmt, ferner ihre genaue Lage und Wellenlänge, letztere mit einem wahrscheinlichen Fehler von nur 5 Zehnmilliontel Millimetern (= 5 Angströmsche Einheiten). In dieser infraroten Region findet hauptsächlich die tellurische Absorption der Sonnenenergie statt, und zwar ist dieselbe je nach den Jahreszeiten verschieden. Dies hat hauptsächlich seinen Grund in Zuständen der Erdatmosphäre, allein Langley glaubt auch gefunden zu haben, dass diese Absorption Veränderungen zeigt, welche ihre Ursache in der Sonne selbst haben und je nach der Jahreszeit verschieden sind. Dieses Ergebnis ist noch nicht völlig sichergestellt, verdient aber die sorgfältigste Prüfung.

Die Untersuchung der bei der Sonnenfinsternis am 22. Januar 1898 photographierten Spektra durch J. Evershed hat denselben zu folgenden Ergebnissen geführt.[1]) Das Spektrum der umkehrenden Schicht der Sonnenatmosphäre, das sogenannte Flash-Spektrum, zeigte beim Vergleich der aus den Photographien bestimmten Wellenlängen mit dem Rowlandschen, dass alle starken, dunklen Sonnenlinien in dieser Schicht als helle Linien vorhanden sind. Alle hellen Linien in der umkehrenden Schicht, ausgenommen Wasserstoff und Helium, fallen mit dunklen Linien zusammen, wofern sie eine grössere Intensität als 3 der Rowlandschen Skala besitzen. Die relativen Intensitäten der Linien in beiden Spektren sind jedoch sehr verschieden. da viele starke Linien der umkehrenden Schicht mit schwachen Sonnenlinien zusammenfallen, und einige starke Sonnenlinien durch schwache Linien im Flash-Spektrum vertreten sind. Dies gilt für das Spektrum im ganzen. Betrachtet man indessen die Linien eines einzelnen Elementes, so findet man, dass die relativen Intensitäten in dem Flash-Spektrum nahe übereinstimmen mit denen desselben Elementes im Sonnenspektrum, be-

[1]) Proceed. Royal Soc. 1901. 68. p. 6—7.

sonders bei Eisen und Titan. Der Mangel an Übereinstimmung der relativen Intensitäten der Linien verschiedener Elemente in den Spektren mit hellen und in denen mit dunklen Linien rührt wahrscheinlich her von den ungleichen Höhen, zu denen die verschiedenen Elemente in der Chromosphäre aufsteigen; ein unten liegendes Gas von grosser Dichte giebt starke Absorptionslinien, aber schwache Ausstrahlungslinien wegen der ungemein kleinen Winkelbreite der strahlenden Fläche. Andererseits geben die weiter verteilten Gase von geringer Dichte starke Emissionslinien in dem Flash-Spektrum und schwache Absorptionslinien.

Die Spektralbogen, die man mit einer prismatischen Camera erhält, sind nicht wirkliche Bilder der sie erzeugenden Schichten, sondern mehr oder weniger durch photographische Irradiation vergrösserte Beugungsbilder. Monochromatische Strahlen aus einer 2″ tiefen Schicht geben Bogen oder »Linien«, welche zu schmal sind, um mit Instrumenten von gewöhnlichem Zerstreuungsvermögen bestimmt werden zu können. Die Intensitäten dieser Bilder repräsentieren nicht die eigentlichen Intensitäten der hellen Linien der verschiedenen Elemente, denn die sichtbare Intensität der Strahlung von einem Elemente hängt ab von der Grösse der Diffusion dieses Elementes über der Photosphäre. Aber in dem Spektrum der dunklen Linien hängen die Intensitäten von der Gesamtmenge eines jeden absorbierenden Gases oberhalb der Photosphäre ab ohne Rücksicht auf den Zustand der Diffusion der verschiedenen Elemente. Das Spektrum der Umkehrschicht scheint nach diesen Ergebnissen den obern, weiter diffundierten Teil einer Gasschicht zu repräsentieren, welche durch ihre Absorption das Fraunhofersche Spektrum giebt.

Im Spektrum der Umkehrschicht sind 15 Elemente sicher erkannt worden, 5 zweifelhaft vorhanden. Die Atomgewichte dieser Elemente übersteigen in keinem Falle 91. Alle bekannten Metalle, die ein Atomgewicht zwischen 20 und 60 haben, scheinen in der untern Chromosphäre anwesend zu sein, aber unter diesen scheint keine Beziehung zwischen den Atomgewichten und den Höhen, zu denen die Gase in der Chromosphäre aufsteigen, zu existieren. Die einzigen gefundenen Nichtmetalle sind H, He, C und vielleicht Si. Von den 225 in dem ultravioletten Abschnitte des Spektrums gemessenen Linien sind 29 nicht zu identifizieren.

Das Wasserstoffspektrum ist durch 28 Linien repräsentiert. Das kontinuierliche Spektrum, welches die Protuberanzen im Ultraviolett geben, beginnend am Ende der Wasserstoffreihe, scheint analog einer von Sir William Huggins in den Absorptionsspektren von Sternen des 1. Typus bemerkten Eigentümlichkeit und rührt möglicherweise von Wasserstoff her.

Aus dem Charakter einiger Heliumlinien scheint sich zu ergeben, dass dieses Element wahrscheinlich in den untersten Schichten fehlt, während Parhelium von Helium getrennt und in einem niedern

Niveau vorzukommen scheint. Ungleich dem Helium giebt der Wasserstoff sehr intensive Linien in der Umkehrschicht. Diese Linien sind scharf und schmal, selbst in den allertiefsten Schichten. Das Fehlen der Wasserstoffabsorption im Ultraviolett und der Heliumabsorption im sichtbaren Spektrum mag herrühren von der unzureichenden Menge dieser Elemente oberhalb der Photosphäre, nicht von der Gleichheit der Temperatur zwischen dem strahlenden Gase und dem Hintergrunde der Photosphäre.

Das Spektrum der Sonnenkorona während der Finsternis am 28. Mai 1900. A. de la Baume-Pluvinel[1]) hat zur Beobachtung desselben drei verschiedene Spektroskope benutzt: 1. ein lichtstarkes Spektroskop mit Spalt, 2. ein grosses Objektivprisma aus Flintglas, 3. ein solches aus Spat und Quarz. Das erste Spektroskop, dessen Spalt radial zum Sonnenäquator eingestellt war, zeigt ein kontinuierliches Spektrum der Korona, das zu beiden Seiten des Sonnenäquators die gleiche Ausdehnung und Intensität darbot; zwei Maxima machten sich im Spektrum bemerklich: im Orange bei λ 565, wo das Spektrum etwa bis 5′ Höhe über den Sonnenrand reichte, und zwischen den Linien F und H, wo es bis 15′ sich erstreckte. Auf dem kontinuierlichen Spektrum erschienen sehr viele helle Linien, die an der Basis am hellsten waren und schnell schwächer wurden; sie gehörten der Chromosphäre an und waren viel zahlreicher und stärker am Westrande der Sonne als am Ostrande. Dieses entspricht einem wirklichen Unterschiede zu beiden Seiten der Sonne und steht im Gegensatze zu der Gleichheit des kontinuierlichen Spektrums an den beiden Seiten. Der Unterschied beruht also nur in den Gasen der Chromosphäre, während die Koronamaterie gleichmässig verteilt war. Die Hauptlinien am Westrande waren: H und K des Calciums, die Wasserstofflinien F, G und h und drei Heliumlinien. Die grüne Koronalinie λ 530.3 erstreckte sich bis 4′ über den Sonnenrand und war in ihrer ganzen Ausdehnung gleich intensiv. Denselben Charakter zeigte die Linie λ 398.5, während die Linie λ 423.1, die man gleichfalls der Korona zuschreibt, sehr schwach war und den Chromosphärenlinien glich. Die andern Linien, von denen 56 gemessen wurden, waren viel schwächer und stimmten mit den hauptsächlichsten Chromosphärenlinien überein. Am Ostrande waren die Calciumlinien fein und niedrig, noch mehr die drei Wasserstofflinien, die Heliumlinien fehlten gänzlich, selbst D_3. Von den Koronalinien war λ 398.5 an der Ostseite ebenso stark wie an der Westseite, hingegen fehlte die grüne Linie vollkommen an der Ostseite, woraus man schliessen könnte, dass nur die Linie λ 398.5 eine Koronalinie ist. Dunkle Linien des Sonnenspektrums erschienen nicht im Spektrum der Korona, ihr Licht hat daher kein merkbares reflektiertes Sonnen-

---

[1]) Compt. rend. 1900. 132. p. 1259.

licht enthalten. Im Koronaspektrum anderer Finsternisse sind früher indessen dunkle Linien gesehen worden, so dass man vermuten könnte, während der Sonnenfleckenminima enthalte die Korona nur wenig Substanz, die das Sonnenlicht reflektiert.

Mit den beiden andern Spektroskopen wurden je drei Photographien genommen; No. 1 war etwa eine Sekunde lang unmittelbar nach dem zweiten Kontakte exponiert, No. 2 waren während der ganzen Totalität und No. 3 einen Moment unmittelbar nach dem dritten Kontakte exponiert, No. 1 giebt 139 monochromatische Sichel der Chromosphäre im Nordosten der Sonne, unter denen die Strahlen des Calciums, Wasserstoffs und Heliums die stärksten Bilder geben. No. 2 zeigen das vollständige Bild der Chromosphäre, die am Westrande viel lebhafter war wie am Ostrande; man kann auf ihnen die Gestalten und die Intensität der Protuberanzen erkennen und findet die bereits von anderer Seite angegebene Thatsache bestätigt, dass die Intensitäten der Protuberanzen in den vom Calciumdampf herrührenden Bildern verschieden sind von den vom Wasserstoff erzeugten. Die Koronastrahlen waren nicht stark genug, um auf dem hellen, kontinuierlichen Hintergrunde deutliche Bilder der Korona zu geben. Die Photographien No. 3 zeigen das Spektrum eines Teiles der Photosphäre und der Chromosphäre. Man bemerkt ein helles Band, das von dunkeln Sicheln unterbrochen ist, und über den dunkeln Sicheln helle der Chromosphäre, aber nicht als direkte Fortsetzung der dunkeln.

Die Beobachtungen der totalen Sonnenfinsternis vom 18. Mai 1901 dürfen in anbetracht der wenig günstigen atmosphärischen Verhältnisse im allgemeinen als erfolgreich bezeichnet werden, da unter fünfzehn längs der Totalitätslinie besetzten Stationen an dreizehn brauchbare Beobachtungen gemacht sind. Die auf die ungewöhnlich lange Dauer der Totalität basierten, besondern Untersuchungen waren freilich vergeblich. So in erster Reihe die in grossem Massstabe herzustellenden Photographien der Korona durch Prof. Barnard, die spektroskopische Bestimmung der Rotation der Korona durch Newall, Wilterdinck und Baume-Pluvinel und die Messung der Wärmestrahlung der Korona durch Abbot und Julius. Erfolgreicher waren die Photographien der Gegend um die Sonne für die Aufzeichnung der Sterne und zum Aufsuchen eines etwaigen intramerkuriellen Planeten; gute Resultate erhielten Prof. Perrine in Padang und Dyson zu Auer-Gadang. Die polariskopischen Untersuchungen waren zum Teile erfolgreich; Okularbeobachtungen gelangen dem Prof. Julius, und eine Reihe von Photographien wurden von Newall mit der Savartschen Kamera erhalten. Vom Chromosphärenspektrum haben mehrere Beobachter mehr oder weniger erfolgreiche Photographien erhalten. Zu Fort de Kock erzielte Dr. Humphreys gute Spektra der untern Chromosphäre, unter Ver-

wendung eines konkaven Gitters, bei dem das ganze blaue und violette Spektralgebiet zwei Fuss lang war. Newall, unterstützt von Leut. Briggs, erhielt mit einem ebenen Gitterobjektiv eine Reihe von Spektren mit starker Dispersion über einem kleinen Gebiete. Dr. Mitchel erhielt mit einem Gitterspektroskop eine Reihe von Spektren der umgekehrten Schicht (flash). Gute Reihen von Photographien mit prismatischen Kameras erhielten die holländische Expedition in Fort de Kock, de la Baume-Pluvinel, Donitch und Maunder auf Mauritius. Zahlreiche Photographien der Korona und ihrer Umgebung wurden mit verschiedenen Arten von Kameras erhalten, aber es ist unwahrscheinlich, dass irgend eine in Sumatra aufgenommene eine beträchtliche Ausdehnung der Strahlen zeigen wird, und man wird sich diesbezüglich mehr auf die Photographien verlassen müssen, die unter den günstigern Bedingungen zu Mauritius aufgenommen sind. In Sumatra sind Reihen von Bildern in grossem Massstabe mit 40-füssigen Linsen erhalten worden von Prof. Nyland, Perrine und Dr. Humphreys. Prof. Todd hat in Singkep die Korona nicht einmal gesehen wegen der dichten Wolken. Eine Prüfung der Platten ergiebt mehrere helle Bogen, die offenbar auf ausgesprochene Protuberanzen zu beziehen sind, besonders im S. O.-Quadranten. Die Dauer der Totalität scheint beträchtlich von der berechneten Ephemeridenzeit verschieden gewesen zu sein, und zwar ist die beobachtete Zeit in den meisten Fällen kürzer. Die holländischen Astronomen zu Painan melden sie etwa elf Sekunden und Dyson etwa neun Sekunden kürzer, als die Dauer der Berechnung nach sein sollte. Andere Beobachter, z. B. Prof. Burton und die Fort de Kock-Partie, scheinen die Zeit der Totalität länger gefunden zu haben.

Ergebnisse der Crocker Expedition zur Beobachtung der Sonnenfinsternis vom 18. Mai 1901. Die auf Kosten von William G. Crocker ausgerüstete Expedition der Licksternwarte nach Sumatra hat in der Nähe von Padang beobachtet.[1]) Die genäherte Position des Beobachtungsortes ist $6^h\ 41^m\ 20^s$ östl. Länge von Greenwich und $0^{\circ}\ 56'$ südl. Breite. Der Zustand des Himmels während der Finsternis war nicht ganz günstig; indessen wurden zahlreiche Photographien erhalten. Die Gestalt der Korona war diejenige, die dem Typus zur Zeit des Fleckenminimums entspricht. Die spektroskopischen und polariskopischen Beobachtungen zeigen, dass das Licht der äussern Korona zum grossen Teile reflektiertes Sonnenlicht ist, während dasjenige der innern Korona hauptsächlich von glühender Materie ausstrahlt. Diese Thatsachen in Verbindung mit dem verschiedenen Aussehen der Korona während der Sonnenfleckenperiode machen es höchst wahrscheinlich, dass die Materie, aus der die Korona besteht, mit grosser Geschwindigkeit von der Sonne ausgeworfen

---

[1]) Lick, Obs. Bulletin No. 8.

wird, und dadurch auch die Streifen oder Strahlen entstehen. Diese Materie ist jedenfalls sehr fein verteilt und besteht, sobald sie über die Chromosphäre hinaus ist, grösstenteils aus glühenden, festen Körperchen, die in einer gewissen Höhe endlich so weit erkalten, dass das von ihnen reflektierte Sonnenlicht ihr eigenes Licht überstrahlt. Radiale Bewegungen konnten übrigens in der Korona nicht nachgewiesen werden.

Über die Natur der Sonnenkorona verbreitet sich R. W. Wood.[1]) Die am meisten befürwortete Theorie der Korona schreibt deren kontinuierliches Spektrum dem Lichte zu, welches infolge der hohen Temperatur der Sonnenstrahlung entsteht, sowie zu einem kleinen Teile reflektiertem Sonnenlichte, während die von Abbot bei der Sonnenfinsternisbeobachtung zu Wadesboro erhaltenen Resultate, die auf eine kalte Korona hinweisen, den Gedanken an einen der Strahlung des Nordlichtes oder des Lichtes in den Geisslerschen Röhren ähnlichen Ursprung der Korona nahe gelegt haben. Wood kommt auf Grund von Experimenten, die er beschreibt, zu der Ansicht, dass das Fehlen von Wärmestrahlung seitens der Korona durchaus nicht der Hypothese entgegensteht, welche die Korona aus körperlichen Teilchen in der Nähe der Sonne bestehen lässt, und ferner dass die Gegenwart von polarisiertem Lichte im Spektrum, welches gemäss seiner Beobachtung über die Intensität der Savartschen Streifen bei der letzten Sonnenfinsternis des Mai dort in erheblicher Menge vorkommt, einen positiven Beweis für das Vorhandensein solcher materiellen Teilchen bildet.

Die Erhaltung der Energie der Sonnenstrahlung. Prof. J. Wilsing hat hierüber eine Untersuchung angestellt,[2]) aus der das Hauptsächlichste im Nachstehenden mitgeteilt ist.

Die Energiemenge, welche die Sonne durch Strahlung verliert, muss derselben aus andern Energiequellen fortdauernd ersetzt werden. Nimmt man nach Scheiner[3]) für die Solarkonstante, d. h. für die Wärmemenge, welche ein Quadratzentimeter in der mittlern Entfernung der Sonne von der Erde während einer Minute durch Strahlung empfängt, 4.0 *g*-Kalorien an, so beträgt der Gesamtverlust während eines Jahres 58×10^{31} *g* Kalorien. Da dieser enorme Wärmeverlust, wie Scheiner nachweist, bereits innerhalb historischer Zeiträume eine beträchtliche Verminderung der Sonnenstrahlung und eine so merkliche Abnahme der mittlern Temperatur an der Erdoberfläche hätte zur Folge haben müssen, dass die Änderung der klimatischen Verhältnisse der Beobachtung nicht entgangen wäre, so lässt sich die Richtigkeit der vorstehenden Behauptung nicht bezweifeln.

---

1) Astrophys. Journ. 1901. 13. No. 1. p. 68.
2) Astron. Nachr. No. 3696.
3) Strahlung und Temperatur der Sonne. Leipzig 1899.

Von den verschiedenen Theorien, welche den Ersatz des Wärmeverlustes erklären sollen, ist allein die von v. Helmholtz aufgestellte Theorie einer bestimmten mathematischen Fassung fähig. Der Kant-Laplaceschen Weltbildungstheorie folgend, berechnet v. Helmholtz das Wärmeäquivalent der bei der Verdichtung der Himmelskörper aus dem anfänglichen Zustande unendlich geringer Dichtigkeit von den Gravitationskräften geleisteten Arbeit und gelangt dabei zu Zahlenwerten, welche die Höhe der Sonnentemperatur vollkommen erklären. Helmholtz findet für die Temperatur T einer der Sonne gleichen Wassermasse, welche sich von unendlicher Ausdehnung bis zur Grösse der Sonne zusammengezogen hat, die Temperatur T=28611000° C. »Ferner folgt, dass eine Verringerung des Sonnendurchmessers um $^1/_{10000}$ oder 0.2″ eine Temperaturerhöhung von 2861° bewirkt, so dass mit Rücksicht auf die Genauigkeit, mit welcher sich gegenwärtig der Sonnendurchmesser bestimmen lässt, der Wärmeverlust für einen Zeitraum von mehrern tausend Jahren gedeckt werden kann, ehe die Verminderung des Durchmessers merklich wird. Bezüglich der wirklichen Temperatur der Sonne und der Änderungen der Sonnenstrahlung lässt sich aber aus diesen Betrachtungen kein Schluss ziehen.

Zu einer Vorstellung über den Gang der Temperatur und der von der Temperatur abhängigen Strahlung eines Weltkörpers gelangt man, von der v. Helmholtzschen Theorie ausgehend, erst durch Einführung der Zeit und des Wärmeverlustes in der Zeiteinheit. Dann führt die Betrachtung des ersten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie unmittelbar zu einer bemerkenswert einfachen Erklärung der »Konstanz« der Sonnenstrahlung«.

Prof. Wilsing entwickelt nun mathematisch die Beziehungen zwischen Verdichtungsarbeit und Wärmeverlust und kommt für eine bereits weit fortgeschrittene Epoche in der Entwickelung des Sonnenkörpers zu einem Ausdrucke, der sich in folgendem Satze formulieren lässt:

»Der Wärmeverlust, welchen ein Weltkörper durch Strahlung in der Zeiteinheit erleidet, ist äquivalent der in derselben Zeit von den Gravitationskräften bei Verdichtung seiner Masse geleisteten Arbeit.«

»Verfolgt man«, sagt schliesslich Prof. Wilsing, »die Entwickelung eines Sternes vom Zustande äusserster Verdünnung der Materie in Form unregelmässiger Nebelmassen beginnend, so wird bei der Langsamkeit, mit der sich den Beobachtungen zufolge die Bewegung der Massen auch in diesem Zustande vollzieht, die Annahme, deren Zulässigkeit oben zunächst nur für das Endstadium der Entwickelungsreihe behauptet wurde, auch für die übrigen Epochen zutreffen und der Äquivalenz von Strahlung und Arbeit bezogen auf die Zeiteinheit allgemeine Gültigkeit beigelegt werden dürfen.

Temperatur und Strahlung wachsen daher nur sehr langsam proportional der Zunahme der Verdichtungsarbeit. Zunächst geht der Körper in den Typus Ic der Vogelschen Entwickelungsreihe über; sein Spektrum zeigt noch helle Linien, welche nach Scheiner auf das Vorhandensein einer ausgedehnten, allerdings nicht mehr wahrnehmbaren Atmosphäre hinweisen. Im Typus I erreicht die Temperatur ihr Maximum und folglich auch die bei der Verdichtung der Materie in der Zeiteinheit geleistete Arbeit. Da hier der Wendepunkt der Kurve liegt, ist diese Phase der Entwickelung von verhältnismässig langer Dauer. Wenn die Entwickelung bis zum Typus II fortgeschritten ist, so hat die Temperatur und Arbeitsgrösse bereits wieder stark abgenommen, und letztere nähert sich noch weiter einem konstanten Werte. In diesem Stadium, in welchem sich die Sonne befindet, werden daher Temperatur und Strahlung sich erst innerhalb sehr langer Zeiträume merklich ändern. Endlich nähert sich der Körper, durch den Typus III hindurchgehend, asymptotisch dem Zustande grösster Dichtigkeit der Materie und seine Temperatur derjenigen des Weltraumes.«

Eine vorläufige Bestimmung der Eigenbewegung der Sonne mit Hilfe spektrographischer Sternaufnahmen hat W. W. Campbell ausgeführt.[1]) Seit 1896 sind mit dem Millspektrographen der Lickstemwarte am dortigen 36-zolligen Refraktor mehr als 2000 Spektralaufnahmen von Fixsternen erhalten worden, darunter über 1500 von 325 Sternen zwischen dem Nordpole des Himmels und — 30° Deklination. Von diesen sind bei 280 Sternen die Bewegungen in der Gesichtslinie zur Erde mit einer Genauigkeit bis auf 1 *km* ermittelt, und dieses Material hat Prof. Campbell benutzt, um im Vereine mit W. H. Wright daraus einen Wert für die Richtung und Geschwindigkeit der kosmischen Bewegung der Sonne abzuleiten. Die 280 Sterne wurden in 80 Gruppen geteilt, durch Zusammenfassung benachbarter Sterne, und rechnerisch daraus abgeleitet:

Geschwindigkeit der Sonne $= 19.89$ *km* ± 1.52 *km* pro Sekunde.
Apex der Sonnenbewegung: $\alpha = 277^\circ 30' \pm 4.8^\circ$; $\delta = +19^\circ 58' \pm 5.9^\circ$.

Mit diesen Werten wurde die individuelle Bewegung jedes der 280 Sterne mit Bezug auf die Bewegung des Systems berechnet und also die wirkliche Sonderbewegung jedes derselben ermittelt. Es fanden sich 151 Sterne mit einer mittlern Bewegung von $+ 17.01$ und 129 mit einer solchen von $- 17.10$ im Mittel pro Sekunde. Der numerische Mittelwert aller 280 Bewegungen ist 17.05 *km* in der Richtung der Gesichtslinie; die Bewegung senkrecht dazu ist daher $^1/_2\, \pi$ mal grösser oder beträgt 26.78 *km* pro Sekunde, die Sternbewegung im Raume würde sonach für jedes System im Durch-

[1]) Astrophys. Journal 1901. 13. p. 80.

schnitte $2 \times 17.05 = 34.1$ *km* pro Sekunde betragen. Da die relative Bewegung der Sonne 19.9 *km* beträgt, so ist diese demnach erheblich geringer als die Durchschnittsbewegung der in Rechnung gezogenen 280 Sterne.

Diese letztern wurden nun nach ihrer Intensität geordnet mit Rücksicht auf die scheinbare und die photographische Helligkeit. Bei den weissen Sternen ist diese ziemlich gleich, bei Sternen vom Sonnentypus sind beide Helligkeiten 1.5 bis 2 Grössenklassen verschieden, und für rote Sterne beträgt der Unterschied etwa 2.5 Grössenklassen. Die weissen Sterne ergaben folgendes als Durchschnittswert:

78 Sterne eine Komponente von	+ 17.07 *km*
66 „ „ „ „	— 14.99 „
144 Sterne mit dem numerischen Mittel:	16.12 *km*

Für 136 Sterne, deren Helligkeitsunterschiede (Okularschätzung und photographische Helligkeit) geringer als 1.0 Grössenklasse sind, fand sich als Mittel der Bewegungsgeschwindigkeiten 18.04 *km*. Wird die Helligkeit (Sterngrösse) der Sterne als Einteilungsprinzip zum Grunde gelegt, so ergiebt sich folgendes bezüglich der 280 Sterne:

Anzahl	Helligkeit	Geschwindigkeit im Raume
47 Sterne	1. bis 3.0 Grösse	26.10 *km*
112 „	3.1 „ 4.0 „	32.30 „
121 „	4.1 Gr. u. schwächer	38.88 „

Mit abnehmender Helligkeit zeigt sich also eine so deutliche Zunahme der Geschwindigkeit, dass man gezwungen ist, anzunehmen, die schwachen Sterne des Systems laufen erheblich rascher als die hellen. Dieses Ergebnis ist frei von jeder Hypothese über die Entfernung der Sterne und ist von fundamentaler Wichtigkeit für die Frage nach dem Baue des Sternsystems. Wenn sich die schwachen Sterne relativ rascher bewegen, als man bis jetzt annahm, so müssen sie relativ weiter von uns entfernt sein, als man nach ihren scheinbaren Eigenbewegungen annahm. Auch ist zu betonen, dass die Zunahme der Geschwindigkeit bei den lichtschwächern Sternen keineswegs auf einer etwaigen grössern Ungenauigkeit der Messungen beruht. Die Rektaszension des Apex der Sonnenbewegung, welche Campbell gefunden, stimmt sehr gut mit dem von Newcomb und Kapteyn ermittelten Werte überein, die Deklination desselben ist aber wesentlich geringer, vielleicht weil die zur Verfügung stehenden Sterne in Bezug auf Deklination nicht so symmetrisch über die Himmelskugel verteilt sind, indem der südliche Himmel von — 30° Deklination ab gar nicht vertreten ist.

Der Apex der Sonnenbewegung. Prof J. C. Kapteyn hat eine grössere Untersuchung über den Apex der Sonnenbewegung, die Konstante der Präzession und die Korrektionen der Eigenbewegungen in Deklination von Auwers-Bradley ausgeführt und die Ergebnisse der-

selben veröffentlicht.[1]) Die Hauptaufgabe dieser Arbeit ist die Bestimmung des Apex der Sonnenbewegung. Kapteyn kommt dabei zunächst zu dem Ergebnisse, dass die von Airy und Argelander gegebene Berechnungsmethode des Apex nicht, wie man gewöhnlich annimmt, auf die Hypothese gegründet sei, dass die den Sternen eigentümlichen Bewegungen keine besondere Richtung bevorzuge, ferner dass das Ausschliessen der Sterne mit kleiner Eigenbewegung nicht unbedenklich ist, und dass endlich die Art, wie die Sammlungen von grössern Eigenbewegungen von Porter, Stumpe, Bossert etc. zustandegekommen sind, beträchtliche systematische Fehler in der daraus gezogenen Position des Apex befürchten lässt.

Er zeigt, dass z. B. in der Porterschen Sammlung von 1340 Eigenbewegungen die Ungleichheit in den Grenzen der noch berücksichtigten Eigenbewegungen eine viel zu nördliche Position des Apex ergeben muss, und dass eine ähnliche Fehlerquelle auch für andere Sammlungen bestehen muss, endlich dass überhaupt in den Listen von Porter, Stumpe und Boss die südlich gerichteten Bewegungen bevorzugt sind. Die notwendige Folge davon muss eine zu nördliche Deklination des Apex sein.

»Damit erklärt sich der Umstand, dass Porter[2]) und Stumpe[3]) beide für die am schwächsten bewegten Sterne den nördlichsten Apex fanden. Dass auch Boss' Sterne dieses Resultat ergeben müssen, geht daraus hervor, dass der Ausschluss der stärkst bewegten Sterne den Apex nach Norden verlegt.[4])

Es ergiebt sich, dass die hier besprochene Eigentümlichkeit der Listen grösserer Eigenbewegungen eine fast unvermeidliche ist, wenigstens wenn man bestrebt ist, sie so vollständig wie möglich zu machen. Es kann also daraus den Verfassern dieser Listen auf keinerlei Weise ein Vorwurf gemacht werden. Will man aber diese Listen für eine Bestimmung des Apex verwenden, so wird man die schwächern Eigenbewegungen ausschliessen müssen.« Dies ist die Ursache, warum Prof. Kapteyn von den Porterschen Sternen nur die mit einer Totalbewegung von über 0.30″ benutzt hat.

»Fügt man noch hinzu, dass gerade bei denjenigen Bestimmungen (wie die von L. Struve), gegen welche theoretisch am wenigsten einzuwenden wäre, weil nicht nach Eigenbewegung gruppiert wurde und mit den mittlern Eigenbewegungen benachbarter Sterne operiert ist, die Koordinaten des Apex am stärksten von den Fehlern der Bradleyschen Deklinationen beeinflusst werden, so wird man zugeben, dass darin leicht die Ursache der Anomalien liegen kann, auf welche auch schon von andern, besonders von Kobold, die Aufmerksamkeit gelenkt wurde.«

---

1) Astron. Nachr. No. 3721.
2) Astrophys. Journ. 12. p. 93.
3) Astron. Nachr. No. 3000.
4) Astrophys. Journ. 9. p. 164.

Das Material, auf welches Prof. Kapteyn seine Arbeit begründet, ist folgendes:

1. Die Bradleyschen Sterne mit einer Anzahl von Ausnahmen, deren Begründung Prof. Kapteyn giebt; im ganzen wurden benutzt 2640 Sterne.

2. Die Porterschen Eigenbewegungssterne,[1]) deren Eigenbewegung 0.30″ oder darüber ist. Davon wurden noch ausgeschlossen die Sterne innerhalb 30° vom genäherten Apex (276° + 34°) und Antiapex. Im ganzen blieben übrig 699 Sterne.

Prof. Kapteyn geht auch näher auf die von ihm benutzten Rechnungsmethoden ein, worüber auf das Original verwiesen werden muss, und findet zuletzt als definitive Position des Apex der Sonnenbewegung (für 1875.0)

$$\alpha = 273.6^\circ \pm 1.3^\circ \qquad \delta = +29.5^\circ \pm 1.1^\circ.$$

Mit diesem Ergebnis stimmt das Resultat:

$$\alpha = 277.5^\circ \pm 4.8^\circ \qquad \delta = +20.0^\circ \pm 5.9^\circ$$

das Campbell kürzlich[2]) au sden Sternbewegungen in der Gesichtslinie abgeleitet hat, innerhalb der durch die w. F. bedingten Grenzen in befriedigender Weise überein.

Die Planeten.

Planetoidenentdeckungen im Jahre 1900. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann[3]) hat sich die Gruppe der kleinen Planeten, von welchen bis Mitte Februar 1901 die Bahnen berechnet worden sind, seit dem letzten Berichte um die folgenden vermehrt.

(452)	FD	entdeckt	1899	Dez.	6	von	Keeler, Mt. Hamilton
(453)	FA	„	1900	Febr.	22	„	Charlois, Nizza
(454)	FC	„	„	März	28	„	Schwassmann, Heidelberg
(455)	FG	„	„	Mai	22	„	Wolf und Schwasmann, Heidelberg
(456)	FH	„	„	Juni	4	„	Wolf und Schwasmann, Heidelberg
(457)	FJ	„	„	Sept.	15	„	Wolf und Schwasmann, Heidelberg
(458)	FK	„	„	Sept.	21	„	Wolf und Schwasmann, Heidelberg
(459)	FM	„	„	Okt.	22	„	Wolf, Heidelberg
(460)	FN	„	„	Okt.	22	„	Wolf, Heidelberg
(461)	FP	„	„	Okt.	22	„	Wolf, Heidelberg
(462)	FQ	„	„	Okt.	22	„	Wolf, Heidelberg
(463)	FS	„	„	Okt.	31	„	Wolf, Heidelberg

Die Nummern (445)—(451) sind folgendermassen auf die noch nicht numerierten Planeten verteilt worden: (445)=EX, (446)=ER, (447)=ES, (448)=ET. (449)=EU. (450)=EV, (451)=EY; ausserdem haben Planet (444) den Namen Gyptis und (445) den Namen Edna erhalten.

[1]) Publ. No. 12 of the Cincinnati Obs.
[2]) Astrophys. Journal 1901. **13.** p. 80—89 vgl. oben p. 19.
[3]) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft 1901. **36.** 1. Heft. p. 56.

Die Hauptelemente, welche für die Bahnen der neuen Planeten berechnet wurden, lauten:

	Ω	i	φ	a	Berechner
(452)	92° 44.6′	3° 13.3′	1° 13.4′	2.85	Palmer
(453)	11 29.4	5 34.2	6 21.5	2.18	Charlois
(454)	82 34.1	6 19.1	6 25.0	2.63	E. Becker.
(455)	77 42.1	11 47.3	17 56.8	2.70	Berberich
(456)	229 27.0	14 21.7	10 18.4	2.79	Berberich
(457)	250 38.0	12 52.5	10 20.0	3.09	Paetsch
(458)	135 55.6	12 36.6	14 11.5	3.00	Riem
(459)	29 41.7	10 22.7	12 19.8	2.63	Bauschinger
(460)	205 36.2	4 35.5	5 53.8	2.72	Bauschinger
(461)	156 33.6	1 22.4	11 54.4	3.18	Bauschinger
(462)	105 44.2	3 10.5	4 53.5	2.87	Berberich
(463)	36 26.1	13 29.9	12 42.9	2.39	Berberich

Es zeichnen sich hiernach aus

1. durch zeitweise grosse Annäherung an die Erde

(453) mit $\Delta = 0.77$ zur Oppositionszeit Mai 11
(455) „ $\Delta = 0.68$ „ „ Sept. 7
(463) „ $\Delta = 0.88$ „ „ Sept. 26

2. durch zeitweise grosse Annäherung an Jupiter

(455) mit $\Delta_0 = 2.14$
(457) „ $\Delta_0 = 1.95$
(458) „ $\Delta_0 = 2.00$
(461) „ $\Delta_0 = 1.59$,

wo Δ_0 die kleinste Entfernung vom Jupiter, welche der Planet in seinem Aphel erreichen kann, bedeutet;

2. durch grosse Deklinationen, welche sie in ihrer Opposition erreichen können, die Planeten:

(459) mit $\delta = + 40.4°$ (Anfang Januar)
$- 38.0$ (Anfang Juli)
(463) mit $\delta = + 43.7$ (Anfang Januar)
$- 45.5$ (Anfang Juli).

Ähnlichkeiten der Bahnelemente zeigen sich bei folgenden Planeten:

	Ω	i	φ	a
(454)	Ω = 32.6°	i = 6.3°	φ = 6.4°	a = 2.631
(127)	31.8	8.3	3.8	2.755
(210)	33.1	5.3	7.1	2.722
(456)	Ω = 229.5	i = 14.4	φ = 10.8	a = 2.786
(1898 DW)	229.2	14.7	?	2.611
(397)	228.6	12.7	14.4	2.634
(448)	Ω = 185.9	i = 12.6	φ = 14.2	a = 2.996
(129)	187.8	12.2	12.3	2.868

Es erscheint ausgeschlossen, dass die Planeten (456) und (1898 DW), von welchen der letztere seiner Zeit so unzureichend beobachtet war, dass für denselben nur eine Kreisbahn berechnet werden konnte, sich noch als identisch erweisen werden. Dagegen hat sich für den neu entdeckten Planeten (462) die Identität mit dem bei seiner ersten Entdeckung ebenfalls nur unzulänglich be-

obachteten Planeten (1896 DD) herausgestellt, und es ist sogar wahrscheinlich, dass ihm auch die vereinzelte Beobachtung eines Planeten vom Jahre 1892 angehört.

Von den im letzten Berichte angeführten neuen Planeten, sowie von dem ältern (434), deren zweite Erscheinung noch bevorstand, sind die Planeten (434), (439), (440), (442), (444), (445), (446), (447) und (451) wieder gefunden; von dem Planeten (449) wird die zweite Erscheinung noch erwartet. Von ältern Planeten, die erst in einer Erscheinung beobachtet waren, wurden (328) in der achten, (382) und (388) in der sechsten und (425) in der vierten Erscheinung wiedergefunden, so dass die Zahl der bisher nur in einer Erscheinung beobachteten Planeten, mit Einschluss der neu entdeckten, sich auf 74 beläuft.

Die Rotation des Planeten Eros. Dieser durch seine Bahn und grosse Annäherung an die Erde merkwürdige kleine Planet hat noch eine weitere höchst auffallende Eigentümlichkeit gezeigt, nämlich einen starken periodischen Lichtwechsel. Es ist sehr merkwürdig, dass dieser Lichtwechsel nicht schon früher während des vergangenen Winters bemerkt wurde, da der Planet doch auf vielen Sternwarten behufs genauer Ortsbestimmung beobachtet worden ist. Die von H. Struve in Königsberg vermuteten Helligkeitsschwankungen [1]) waren von Valentiner in Heidelberg zunächst nicht bestätigt worden. Erst ein Telegramm von Prof. Deichmüller in Bonn [2]) und die von ihm mitgeteilten genauen Helligkeitsbeobachtungen [3]) erwiesen den Lichtwechsel als thatsächlich vorhanden und stellten die Dauer der Periode auf nur $2^h\ 36^m$ fest. Damit ist durch Prof. Deichmüller zum erstenmal der sichere Nachweis der Rotationsdauer eines kleinen Planeten erbracht und die Astronomie um eine ebenso überraschende als wichtige Thatsache bereichert worden. Vermutungen über die Rotation von Planetoiden sind schon früher aufgestellt worden, und auch neuerdings haben photometrische Bestimmungen von Prof. Wolf an den Planetoiden Sirona (164) und Tercidina (345) auf Helligkeitsschwankungen innerhalb 90 und 114.5 Minuten Dauer geführt, der sichere Nachweis einer Rotation ist jedoch bis jetzt nur bei Eros gelungen.

Dr. Egon v. Oppolzer überreichte der Kaiserl. Akad. d. Wiss. in Wien [4]) folgende Mitteilung »über Helligkeitsschwankungen des Eros«:

»Seit 20. Dezember 1900 verfolge ich die Helligkeit des schon durch seine Bahnelemente merkwürdigen Planetoiden Eros mittels eines Zöllnerschen Photometers am 8-zölligen Grubbschen Re-

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3688.
[2]) a. a. O. No. 3688.
[3]) a. a. O. No. 3693.
[4]) Sitzung der mathem.-naturwiss. Klasse vom 21. Februar 1901. Akadem. Anzeiger No. VI.

fraktor des königl. astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam. Helligkeitsschwankungen von Abend zu Abend, auch solche an einem Abende, während gleichhelle Vergleichssterne hiervon nichts zeigten, ein paralleler Gang zwischen gleichzeitig gemachten Stufenschätzungen und davon unabhängigen photometrischen Messungen schienen genug verdächtige Umstände zu sein, um die Lichtveränderungen als reell anzusehen. Zur Gewissheit brachte mich eine Beobachtung am 8. Februar l. J., die eine Lichtveränderung von etwa 1.5 Grössenklassen gegen einen unmittelbar benachbarten Stern innerhalb einer Stunde ergab. Zum grossen Teile ist dieselbe der veränderten Luftbeschaffenheit zuzuschreiben, aber unmöglich ganz, weil ein mit Eros anfänglich nahe gleich heller, schwacher Stern seine Helligkeit gegen die andern Sterne nicht merklich geändert hat, Eros hingegen heller als der im Gesichtsfelde stehende, verhältnismässig helle Stern wurde. Dies veranlasste mich, die Helligkeitsschwankung öffentlich durch die Zentrale in Kiel bekanntgeben zu lassen. Die eingelaufenen Beobachtungen bestätigen die innerhalb weniger Stunden vor sich gehende Schwankung, und durch den parallelen Gang der Lichtkurve in Pola und Heidelberg ist die Realität der Erscheinung für jedermann über allen Zweifel erhaben. An diese Entdeckung knüpfen sich folgende Betrachtungen:

1. Da die Helligkeitsschwankungen über 0.5 Grössenklassen betragen, dieselben also einer solchen von 60 % äquivalent sind, so ist es ausgeschlossen, dass dieselben auf verschiedenes diffuses Reflexionsvermögen einer kugelförmigen Oberfläche zurückzuführen sind. Dieselben können nur darin ihren Grund haben, dass der Körper des Planetoiden abnorm von einer Kugelfläche abweicht. Solche Abweichungen erzeugen auch im Momente der Opposition Lichtschwankungen, die dann mit zunehmendem Phasenwinkel infolge eintretender Schattenwürfe beträchtlich anwachsen werden. Letztere bilden die stärkste Quelle starker Lichtveränderungen.

2. Die Rotationszeit dürfte Bruchteile des Tages betragen, und man darf nicht vergessen, dass bei abnormen Oberflächen die Helligkeitskurve mehrere Maxima und Minima aufweisen kann, so dass die Wiederkehr derselben Helligkeit keinen Wert für die Rotationsdauer liefern wird. Ich vermute, dass die Helligkeitskurve dem Algolschen Typus entsprechend verläuft. Die verhältnismässig rasche Rotation und geringe Masse des Planetoiden ruft starke Abhängigkeit der Schwere von dem Orte auf der Oberfläche hervor, und dieser Umstand hängt innig mit der abnormen Form des Körpers zusammen."

Die Lichtschwankungen des Eros sind übrigens nicht von Dauer gewesen. Prof. Deichmüller bemerkt hierüber unter dem 17. Mai:[1])

[1]) Astron. Nachr. No. 3716.

»Seit den beiden mitgeteilten fünfstündigen Beobachtungsreihen gelangen, bei der vorherrschend trüben Witterung, noch an zwölf Abenden längere Reihen von Grössenbestimmungen des Eros, die aber auch, bei dem bald niedrigen Stande des Planeten in der Nähe des mit Fabrikrauch und Dunst erfüllten westlichen Horizonts oder wegen begrenzender Gebäude, vorzeitig abgebrochen werden mussten. Eine mehr als vierstündige Reihe vom 24. März zeigt noch keine stärkere Abnahme im Umfange des Lichtwechsels, während schon vorher kürzere Reihen vom 14. und 21. März und alle spätern flachere Maxima und Minima aufweisen. In den seit dem 22. April erhaltenen fünf kürzern Reihen betragen die beobachteten Lichtänderungen nur fünf Stufen und weniger; doch habe ich am 13. Mai um $10^h\ 31^m$ M. Z. Bonn noch ein gut hervortretendes Minimum und am 14. Mai von $9^h\ 12^m$ bis $10^h\ 33^m$, wo der Planet im Dunste verschwand, ein Anschwellen des Lichtes im Betrage von $3^1/_2$ Stufen beobachten können.« Prof. Pickering teilt mit, dass nach den Beobachtungen zu Cambridge durch Prof. O. Wendell die Lichtschwankung des Eros März 12. 1.13 Grössenklasse betrug, April 12. war sie nur mehr 0.4 und Mai 6. und 7. anscheinend geringer als 0.1 Grössenklasse.

Gestalt und Helligkeitsschwankungen kleiner Planeten. Gewisse Unregelmässigkeiten der Sternspur auf der photographischen Platte haben Prof. Wolf bezüglich des Planeten Tercidina (345) zu der Vermutung geführt, dieselben könnten reell sein. Indessen haben Aufnahmen dieses Planeten am grossen Potsdamer Refraktor durch J. Hartmann ergeben,[1] dass die von Prof. Wolf bemerkten Unregelmässigkeiten der Sternspur auf der photographischen Platte subjektiven Ursprunges sind, d. h. durch die Art und Weise der Aufnahme entstehen, nicht aber auf Helligkeitsschwankungen des Planeten zurückzuführen sind. Solche sind indessen im allgemeinen als möglich zuzugeben, und Hartmann macht noch auf einen besonderen, wenig beachteten Punkt aufmerksam.

Er sagt: »Nach Analogie der grossen Körper unseres Sonnensystems, die durch direkte Beobachtung im Fernrohre als genähert kugelförmig erkannt wurden, hat man sich daran gewöhnt, sich auch alle andern Himmelskörper, die uns wegen ihres geringen Durchmessers oder wegen ihrer grossen Entfernung nur punktförmig erscheinen, als Kugeln oder Rotationsellipsoide vorzustellen. Diese Annahme ist jedoch nur unter gewissen Einschränkungen richtig. Auf Körpern von den Dimensionen der kleinen Planeten ist die Schwerkraft so gering, dass die Abweichungen ihrer Oberfläche von einer Gleichgewichtsfigur sehr gross sein können. Nimmt man für Tercidina die Oppositionshelligkeit 11.2^m und die Albedo des Mars an, so ergiebt sich ihr Durchmesser zu 66 *km*. Wenn der Planet aus einer unserer Gesteinsarten (spez. Gew. 2.7) besteht, so wird die Schwere an seiner Oberfläche nur den vierhundertsten Teil von dem Werte an der Erdoberfläche betragen, und hierdurch wird offenbar die Existenz von

[1] Astron. Nachr. No. 3728.

grossen Niveauunterschieden auf dem Planeten sehr begünstigt. Hierzu kommt nun noch, dass, falls der Planet eine Axendrehung besitzt, ein grosser Teil der Schwerkraft durch die Zentrifugalkraft aufgehoben wird. Bei den kurzen Rotationszeiten, die sowohl für Tercidina, als auch für den Planeten Eros abgeleitet worden sind, kommen die Körper schon sehr nahe an jenen kritischen Punkt heran, in welchem die Zentrifugalkraft die Schwerkraft überwiegt, so dass die Entstehung einer Gleichgewichtsfigur mathematisch unmöglich wird. Nach einem von Poincaré[1]) aufgestellten Satze würde ein Planet von der Dichte unserer Felsarten nur dann lose auf seiner Oberfläche liegende Teile festhalten können, wenn seine Rotationszeit grösser als $1^h\ 39^m$ ist; ist er nur von der Dichte des Wassers, so muss die Umdrehungszeit mehr als $2^h\ 42^m$ betragen. Soll jedoch die Gleichgewichtsfigur der Oberfläche des Planeten ein Rotationsellipsoid werden, so muss seine Umdrehungszeit noch erheblich grösser sein.

Hat der Planet die Dichte 2.7, so ist die Form eines Rotationsellipsoides nur möglich, wenn seine Rotationszeit mehr als $3^h\ 29^m$ beträgt; bei der Dichte 1.0 muss sie grösser als $5^h\ 43^m$ sein. Man sieht, dass die von Prof. Wolf für Tercidina abgeleitete Rotationszeit von $3^h\ 50^m$ schon ganz an der Grenze des theoretisch Zulässigen liegen würde.

Die hier erwähnten Sätze gelten, streng genommen, nur, wenn die Masse des Planeten aus einer homogenen Flüssigkeit besteht, auf welche ausser Gravitation und Zentrifugalkraft keine andern Kräfte einwirken. Letztere Bedingung ist nun in der Natur niemals erfüllt, da ausser jenen beiden Kräften (ganz abgesehen von den äussern) stets noch eine Reihe anderer thätig ist, die man als Molekularkräfte bezeichnen kann. Hierher gehören zunächst die Kohäsion, sodann die Neigung, bei bestimmten Temperaturen in andere Aggregatzustände überzugehen, Krystalle und chemische Verbindungen zu bilden, endlich die Spannungen, die durch Dampfdruck, sowie durch thermische Ausdehnung veranlasst werden. Alle diese Kräfte sind unabhängig von der Gesamtmasse des Planeten, und da sie selbst auf der Oberfläche der Erde Gebirge von mehrern Kilometern Höhe aufzutürmen vermochten, so werden sie bei den kleinen Planeten dermassen bestimmend für die Oberflächengestaltung sein, dass ihnen gegenüber die Schwerkraft, welche grössere Massen stets in die Form von Sphäroiden zwingt, so gut wie garnicht in Betracht kommt. Auch wenn die Planetoiden nur die Trümmer eines schon erstarrten grössern Körpers sind, können diese Bruchstücke gänzlich unregelmässige Formen besitzen, da die geringe Schwerkraft nicht im stande ist, die Kohäsion der Masse zu überwinden und ihrer Oberfläche eine neue Gleichgewichtsfigur zu geben.

Nach dem Gesagten erscheint es nicht unwahrscheinlich, dass einige der kleinen Planeten, und zwar vorwiegend die kleinsten derselben, Helligkeitsschwankungen zeigen können, die auf die Rotation unregelmässig gestalteter Körper zurückzuführen sind. Ob allerdings photographische Aufnahmen das geeignete Hilfsmittel zur Untersuchung derartiger Helligkeitsänderungen sein werden, das ist sehr zu bezweifeln, da, wie aus dem Vorstehenden ersichtlich ist, durch ungenaues Halten des Fernrohres beträchtliche Fehler in der Intensität der Planetenspur entstehen können. Eine sichere Auskunft über den Verlauf der Lichtschwankungen wird daher wohl nur durch direkte photometrische Beobachtung zu erlangen sein«.

Beobachtungen des Planeten Merkur hat J. Comas Sola auf seinem Privatobservatorium zn Barcelona angestellt, und zwar in den Monaten Juni und Juli 1900 als der Planet in möglichst günstiger Entfernung von der Sonne stand.[2]) Er kommt zu dem

---

[1]) Bull. Astron. 1885. 2. p. 117.
[2]) Bull. Soc. Astron. de France 1900. p. 586.

Ergebnisse, dass die geeignetste Gelegenheit, um diesen Planeten zu beobachten, die Zeit kurz nach dem Untergange der Sonne sei. Am hellen Tage stehe der Planet allerdings höher über dem Horizonte, und die Bilder desselben im Fernrohre seien ruhiger, dagegen erscheine die Sichel des Planeten auf dem hellen Hintergrunde des Himmels so lichtschwach, dass die feinen Details derselben unsichtbar bleiben, und selbst die deutlichsten Flecke unklar erscheinen. Übrigens ist es nach Comas Sola auch erforderlich, starke Vergrösserungen beim Merkur anzuwenden. Er behauptet ferner, dass dieser Planet dunkle und helle Flecke zeige, die vielleicht leichter zu sehen seien, als die Flecke des Mars. Abgesehen von der Sichelgestalt sei der teleskopische Anblick des Merkur demjenigen des Mars überhaupt sehr ähnlich, indem die Färbungen der Flecke bei beiden Planeten ähnlich seien; die dunklen bläulichgrau, die helle Region orangefarben (zum Teil vielleicht als Wirkung der Erdatmosphäre) und die Polarregion oder die Sichelspitze hellweiss. Die nördliche Polarkalotte des Merkur erschien dem Beobachter in Barcelona ebenso hell leuchtend wie die des Mars und auch gleich dieser von einem dunklen Rande umgeben. Die Schwierigkeit, Merkurflecke zu sehen, rührt nach Comas Sola ganz allein von der Kleinheit der Merkurscheibe her und den ungünstigen Umständen, unter denen man sie immer beobachten muss. Diese Verhältnisse haben auch zur Folge, dass alle Zeichnungen, welche man von dem Planeten entwirft, eine zu geringe Genauigkeit haben, als dass man daraus mit voller Bestimmtheit etwas über die Rotationsdauer desselben schliessen könnte. Nichtsdestoweniger glaubt Comas Sola, dass seine Zeichnungen zu gunsten einer kurzen Rotationsdauer des Merkur sprechen, vergleichbar derjenigen der Erde. Er will sich zwar nicht mit Bestimmtheit über diesen Punkt auslassen, aber der Eindruck, den er aus seinen Beobachtungen erhalten habe, gehe dahin. Am meisten für eine kurze Rotationsdauer sprechen die Beobachtungen am 2. Juli. Der Durchmesser der Sichel, als welche Merkur sich darstellt, betrug damals 7.8″ und Comas Sola wandte die ungewöhnlich starke Vergrösserung von 500fach an. Um $6^h\ 50^m$ zeichnete er einige matte Flecke hauptsächlich im nördlichen Teile der Sichel. Dieselben erstreckten sich als unbestimmt begrenzte dunkle Konturen von der Lichtgrenze gegen das Innere hin und umschlossen die hellweisse Nordspitze des Planeten. Um $7^h\ 35^m$ erschienen die Flecke gegen West verschoben; um 8^h war das Bild des Planeten nicht mehr so fein, aber eine Zeichnung bestätigte den Eindruck, dass der Planet während der verflossenen zwei Stunden sich merklich gedreht habe.

Bekanntlich ist Prof. Schiaparelli zu dem Ergebnisse gekommen, dass der Planet Merkur keine rasche Rotation besitzt, sondern der Sonne stets die nämliche Seite zuwendet.

Der Durchmesser des Merkur ist von Dr. J. J. See am 26-Zoller zu Washington im Sommer 1900 und 1901 unter sehr günstigen Umständen mit dem Fadenmikrometer gemessen worden.[1]) Er findet denselben im Mittel = 5.8993″ ± 0.0080″ entsprechend einer linearen Grösse von 4277.6 ± 5.8 *km.*

Dieser Wert ist erheblich kleiner, als die Heliometermessungen ergeben haben (Bessel: 6.68″, Hartwig: 6.98″, Schur: 6.62″, Ambronn: 6.58″), dagegen in besserer Übereinstimmung mit den Fadenmikrometermessungen von Barnard (1891: 6.04″, 1894: 6.21″) und Campbell (1894: 5.726″). See sieht die Ursache davon in gewissen Unvollkommenheiten der Bilder im Heliometer und zieht die Ergebnisse der Fadenmikrometermessungen vor.

Flecke von gesicherter Wahrnehmbarkeit zeigten sich auf der Scheibe des Merkur während der Messungen von See nicht.

Der Durchmesser der Venus. Dr. J. J. See hat in den Monaten April bis August 1900 Messungen des Venusdurchmessers am 26-zolligen Refraktor zu Washington ausgeführt.[2]) Der blauviolette Saum um den Planeten wurde durch Vorsetzen eines durchsichtigen, farbigen Schirmes zum Verschwinden gebracht und Vergrösserungen von meist 400- bis 600-fach angewendet. Wenn die Luft ruhig war, zeigte sich der Rand der Venusscheibe so scharf wie der Mondrand dem blossen Auge. Im Mittel aus 32 Messungsreihen ergab sich der scheinbare Durchmesser der Venus zu 16.800″ ± 0.022″. Dies stimmt sehr gut mit dem von Auwers gefundenen Werte überein und giebt unter Annahme der Sonnenparallaxe zu 8.796″ einen wahren Durchmesser der Venus von 12181.7 *km* ± 16 *km.* Hiernach ist also Venus im Durchmesser um etwas weniger als $^1/_{20}$ kleiner als die Erde.

Der Durchmesser des Mars ist im Juni 1701 an 6 Tagen von J. J. See am 26-zolligen Refraktor zu Washington gemessen worden.[3]) Die Luftverhältnisse waren durchweg sehr günstig, doch betrachtet der Beobachter den erhaltenen Wert nur als provisorisch, da die Scheibe des Planeten infolge der grossen Entfernung desselben von der Erde ziemlich klein war. Er findet als wahrscheinlichsten mittlern Äquatorialdurchmesser des Mars: 9.30″ = 6743 *km*, mit einer Unsicherheit die wahrscheinlich ± 0.03″ oder 22 *km* nicht übersteigt. See macht darauf aufmerksam, dass die besten Bestimmungen des Marsdurchmessers mit dem Fadenmikrometer im Mittel auf einen Wert von 9.68″ führen, während die Heliometermessungen völlig auf den Besselschen Wert von 9.33″ führen. Den grössten Wert den die Fadenmikrometerbeobachtungen bei Mars (sowie bei Jupiter, Saturn und Merkur) ergaben, ist eine Folge der Irradiation.

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3737.
[2]) Astron. Nachr. No. 3676.
[3]) Astron. Nachr. No. 3750.

Beobachtungen des Mars 1900—1901 zu Juvisy. Auf dem Privatobservatorium zu Juvisy haben C. Flammarion u. J. Antoniadi den Planeten Mars vom 12. Oktober 1900 bis zum 10. Juli 1901 mit Ausdauer beobachtet. Auf ihre diesmaligen Wahrnehmungen haben sie eine neue Marskarte und in Merkatorprojektion begründet. Von Interesse sind die Erfahrungen, welche die beiden Beobachter über den Einfluss verschiedener Luftzustände auf die Güte der Bilder im Fernrohre machten. Bezeichnet man das ideal beste Bild, welches der Planet in dem benutzten Fernrohre darbieten könnte, mit 10, das schlechteste mit 0, so zeigte sich der Planet am besten (8.5) bei ruhiger nebeliger Luft, etwas weniger gut (8.0) bei ruhiger Luft und cirrösem Himmel, schlecht (3.1—2.0) bei östlichen und südöstlichen Winden und am schlechtesten bei stürmischem Wetter aus Süd. Der Wind schadet also der Schärfe und Deutlichkeit der teleskopischen Bilder in hohem Grade.

Der Planet Mars wandte seinen Nordpol der Erde zu, und die Beobachter in Juvisy haben die Abnahme der nördlichen Schneekalotte, die bis zum Schlusse ihrer Beobachtungen ununterbrochen fortdauerte, möglichst genau festgestellt. Hiernach umfasste diese Eiszone Mitte Oktober 1900 einen Bogen der Marsoberfläche von 65—70°; Mitte Januar von 43°, Mitte Februar von 38°, Mitte März von 24°, Mitte April von 25° und Anfang Juli von 15°. Schon 1896 haben beide Beobachter wahrgenommen, dass während der Schneeschmelze bisweilen eine vorübergehende Helligkeit an den Rändern der Schneekalotte sichtbar wurde, wodurch die letztere über ihre wahre Begrenzung hinaus vergrössert erscheint. Dieses Phänomen wurde bei der diesmaligen Opposition etwa 14 Tage vor dem Sommersolstitium der nördlichen Marshemisphäre wiederum wahrgenommen und dauerte etwa eine Woche hindurch. Die Ränder der Schneezone, welche am 22. März recht scharf erschienen, zeigten sich vom 24. März bis Anfang April verwaschen und die Kalotte vergrössert, wenngleich weniger glänzend. Diese Vergrösserung kann durch Reif, Nebel oder Wolken hervorgerufen werden. Von den Kanälen des Mars wurden 50 gesehen, darunter 46, die schon Schiaparelli sah, ein Kanal, den Cerulli entdeckt hat, und drei neue Kanäle. Diese letztern erhielten die Namen: Nasamon, Permessus und Rhyndacus. Verdoppelungen wurden nur drei erkannt, von denen zwei frappante, nämlich die des Cerberus, dessen beide Züge sich bis zum Mare Cimmerium erstreckten, und die des Casius, die ohne Schwierigkeit zu sehen war.

Gestalt und Grösse des Jupiter. Über die Dimensionen der Jupiterscheibe weichen die Messungen der verschiedenen Beobachter sehr voneinander ab. Lässt man die ältern Angaben völlig unberücksichtigt, so findet man bei F. W. Struve (1829) aus den Messungen am Dorpater Refraktor den scheinbaren Durchmesser des Jupiter für mittlere Entfernung: im Äquator zu 38.327″ und die Abplattung

zu 1 : 13.7 angegeben. Bessel fand (1833) am Königsberger Heliometer 37.60″ und die Abplattung 1 : 15.7. Kaiser (1857) 37.558″, Abplattung 1 : 15.6. Schur (1896) im Mittel aus den eigenen und den besten fremden Beobachtungen 37.40″, Abplattung 1 : 16.5. Barnard (1892—1894) 36.112″, Abplattung 1 : 16. In der Zeit von März bis Mitte Juli 1900 hat Dr. J. J. See in 22 Nächten am 26-zolligen Refraktor zu Washington neue Messungen des Jupiter ausgeführt und findet als wahrscheinlichsten Wert:

Äquatorialdurchmesser .	38.401″ ± 0.038″
Polardurchmesser . . .	35.921″ ± 0.050″
Abplattung	1 : 15.53

Unter Annahme einer Sonnenparallaxe von 8.796″ und des äquatorialen Erdradius zu 6378.2 *km* ergeben sich daraus folgende wahre Dimensionen:

Äquatorialdurchmesser .	144797 ± 143 *km*
Polardurchmesser . .	135445 ± 189 „

Es ist eine merkwürdige Thatsache, dass die mit Heliometer bestimmten Durchmesser der Planeten meist kleiner ausfallen, als die mit Hilfe des Fadenmikrometers bestimmten. Dieses bestätigt sich auch im Falle des Jupiter. Der von Dr. See gefundene Wert von 38.4″ weicht um 0.8″ von dem durch Bessel und Kaiser bestimmten Wert von 37.6″, welchen man wohl als den sichersten betrachtet, ab. Dr. See macht darauf aufmerksam, dass Messungen mittels des Fadenmikrometers an einem sehr grossen Refraktor, in dessen Brennpunkt ein relativ grosses Bild des Planeten entsteht, und beim Gebrauche eines farbigen Schirmes, wodurch die Bildschärfe gewinnt, grosses Gewicht besitzen gegenüber den Heliometermessungen, und hält deshalb den von ihm gefundenen Wert des Jupiterdurchmessers für der Wahrheit sehr nahe kommend. Bezüglich der Durchmesser der vier grossen Jupitermonde sind verschiedenartige Messungsmethoden angewandt worden. Schon J. D. Cassini hat deren Durchmesser aus der Zeitdauer ihrer Verfinsterung im Schatten des Jupiter abzuleiten versucht, doch sind die von ihm erhaltenen Werte zu gross. Sicherer erschienen die von Schröter und Harding auf ähnlichen Wegen bestimmten; direkte Messungen gab dagegen erst W. Struve 1829. Er fand folgende scheinbare Durchmesser:

I. Mond 1,015″, II. Mond 0.911″, III. Mond 1.488″, IV. Mond 1.273″. Pickerings photographische Bestimmungen (1879) lieferten folgende Werte: I. Mond 0.924″, II. Mond 0.866″, III. Mond 1.096″, IV. Mond 0.651″. Barnard fand (1894) folgende Durchmesser: I. Mond 1,048″, II. Mond 0.874″, III. Mond 1.521″, IV. Mond 1.430″. Von diesen Werten merklich abweichend sind diejenigen, welche Harvy (1899) nach Michelsons Interferenzmethode gefunden hat, nämlich für Mond I: 0.94″, Mond II: 0.84″, Mond III: 1.23″, Mond IV: 1.26″. Die Messungen von Dr. See führten diesen zu folgenden Ergebnissen für die scheinbaren Durchmesser:

I.	Mond:	0.672″	$\pm$0.098″
II.	„	0.624	$\pm$0.078
III.	„	1.361	$\pm$0.003
IV.	„	1.277	$\pm$0.083

Diesen entsprechen folgende wahren Durchmesser:

I.	Mond:	2534 $\pm$ 370	*km*
II.	„	2353 $\pm$ 294	„
III.	„	5132 $\pm$ 388	„
IV.	„	4644 $\pm$ 313	„

Die Scheibchen der vier Monde erschienen Dr. See bei guten Luftverhältnissen stets vollkommen kreisförmig und ohne Spur von Flecken.

Die Periodizität der Oberflächengebilde des Jupiter. Die langjährigen Beobachtungen der Jupiteroberfläche auf der Podmaniczkysternwarte in Kis-Kartal (Ungarn) erwiesen in den Veränderungen, die sich besonders bei den äquatorialen Banden gestalteten, zu gewissen Zeiten Übereinstimmungen, die auf eine Periodizität der Erscheinung deuten. Dr. Wonaszek macht darüber folgende Mitteilungen:

Die Beobachtungen auf der Sternwarte Kis-Kartal wurden seit 1893 durchgehends mit dem guten 7-zolligen Refraktor bei ziemlich günstigen Luftverhältnissen veranstaltet. Bei jeder Beobachtung wurde eine Zeichnung der Oberfläche Jupiters angefertigt, um die Verteilung und Schattierung der Bänder, deutlicher wie jede Beschreibung, wiedergeben zu können.

Zunächst war die äquatoriale Region der Jupiteroberfläche von zwei breiten und sehr dunkel gefärbten äquatorialen Bändern bedeckt, die einen hellen, in gelblichweissem Tone glänzenden Zwischenraum lassen, der die eigentliche Äquatorregion ausmacht.

Dann entstand in den breiten Bändern eine Zersetzung, die sich von Jahr zu Jahr fortsetzte und mit dem gänzlichen Verschwinden des nördlichen äquatorialen Bandes endigte. Auf der Jupiteroberfläche blieb demnach in dieser Zeit bloss das südliche äquatoriale Band, das auch ziemlich starke Zersetzungen aufwies. In dieser Zeit fand überhaupt wenig Neigung zur Neubildung der Bänder auf der Jupiteroberfläche statt; es war die Zeit einer minimalen Bandbildung.

Nach einigen Monaten finden wir das südliche Äquatorialband zum Äquator nähergerückt und ziemlich in die Breite gezogen. Es erstreckt sich von der Südseite über den Äquator bis auf dessen Nordseite und bedeckt eine Fläche längs des Äquators, die 10—15° in der Breite ausmacht. Es ist die Zeit, wo auf der Jupiteroberfläche ein einziges Band die äquatoriale Region bedeckt an der Stelle der frühern hellen, gelblichweiss glänzenden Region. Es dauert aber nicht lange, bis sich auf den beiden Seiten der dunklen äquatorialen Region bandförmige Verdunkelungen bilden.

Es entsteht an der südlichen und nördlichen Grenze der Region eine immer dunkler werdende Begrenzung, die sich allmählich zu den zwei äquatorialen Bändern ausbildet und erweitert. Die zwei gänzlich ausgebildeten Bänder werden dann wieder voneinander getrennt, die dazwischen liegende Region hellt sich wieder auf und bildet wiederholt den hellen, gelblichweiss glänzenden Zwischenraum. Das ist die Zeit der maximalen Bandbildung.

Aus den Beobachtungen und Zeichnungen, die seit 1856 von verschiedenen Astronomen an verschiedenen Sternwarten erhalten wurden, ergiebt sich eine Periode, die im Mittelwerte 11.76 Jahre umfasst, mit einem wahrscheinlichen Fehler von ± 0.18 Jahren.

In dieser Periode finden wir eine maximale und eine minimale Bandbildung. Das Maximum und Minimum fiel in die folgenden Jahre:

Maximum: 1856.0, 1867.9, 1879.7, 1891.7, 1903.0.
Minimum: 1861.0, 1873.3, 1884.1, 1896.4.

Das nächste Maximum ist im Jahre 1903.0 zu erwarten, das nächste Minimum 1908.

Die Beobachtungen zeigen auch, dass ein Maximum auf das Minimum in 6.9 Jahren, ein Minimum auf das Maximum aber in 4.9 Jahren folgt.

Die Periode der Erscheinung ist dieselbe, die der Planet braucht, um seine Bahn um die Sonne einmal zu beschreiben. Es liegt also nahe, die Bandbildung auf der Jupiteroberfläche als Wirkung der Sonne zu betrachten.

Demzufolge hat Dr. Wonaszek untersucht, in welchem Punkte seiner Bahn sich der Planet befindet in jedem gegebenen Falle des Maximums und Minimums.

Die Rechnung ergab, dass das Maximum der Bandbildung in einer Zeit vorkommt, wo der Planet in seiner Bahn eine heliozentrische Länge im Mittelwerte von 339° 5.9′ besitzt und seinem Perihel im Mittel um 30° 9.5′ vorsteht.

Das Minimum der Bandbildung ereignet sich dagegen in der Zeit, wo der Planet eine heliozentrische Länge im Mittel von 180° 55.1′ hat und seinem Aphel im Mittel um 61° 27.5′ vorsteht.

Dieses Ergebnis ist um so auffallender, als die Neigung der Äquatorebene des Jupiter gegen die Bahn dieses Planeten bloss 3° 26′ ausmacht, die Wärmezufuhr des Jupiter also keinen grossen Schwankungen unterliegt.

Der Umstand, dass der sogenannte „rote Fleck" auf der südlichen Halbkugel der Jupiteroberfläche genau um die Zeiten der maximalen Bandbildung am sichtbarsten wird und wieder verschwindet um die Zeit der minimalen Bandbildung, deutet auf die Wirkung einer Attraktionskraft. Die periodische Bandbildung auf der Oberfläche Jupiters wäre also eine Erzeugung der Attraktionskräfte der Sonne. Der Planet steht in seinem Aphel 810.64 Millionen *km*

und in seinem Perihel 736.01 Millionen *km* entfernt von der Sonne. Bei den 74.63 Millionen *km* umfassenden Schwankungen in der Entfernung ist es leicht denkbar, dass die mit dem Quadrate der Entfernung umgekehrt wirkenden Attraktionskräfte der Sonne auf die zähflüssige, magmaartige Masse des Planeten eine wechselnde Wirkung ausüben, die der Erscheinung der Flut und Ebbe unserer Erde gleichkommt.

Dimensionen des Saturn. In den Monaten April bis September 1900 hat Dr. J. J. See am 26-zolligen Refraktor der Washingtonsternwarte den Saturn und sein Ringsystem sorgfältig vermessen. Leider machte der tiefe Stand des Planeten die Beobachtungen schwierig, doch waren die Bilder, unter Benutzung einer Glaszelle mit farbiger Flüssigkeit vor dem Okular, welche den blauen Lichtsaum um den Planeten zum Verschwinden brachte, scharf. Das Ergebnis der Messungen ist für den scheinbaren Äquatorialdurchmesser des Saturn: 17.448″ ± 0.025″, und unter Annahme der von H. Struve bestimmten Abplattung von 0.1013 ergiebt sich daraus bei einer Sonnenparallaxe von 8.796″: Äquatorialdurchmesser 120682 ± 173 *km*, Polardurchmesser 108457 ± 173 *km* (mittlere Dichte 0,1234 = 0.679 von der des Wassers). Was den Ring des Saturn anbelangt, so wurde von Dr. See die Cassinische und Enckesche Trennungslinie schmal und scharf gesehen, bisweilen über den ganzen Umfang des Ringes. Auch der sogenannte dunkle oder Crapring war leicht sichtbar, und seine Breite (also die Annäherung seines innersten Randes an die Oberfläche des Saturn) war bemerkenswert gross. Sorgsame Schätzungen ergaben, dass dieser dunkle Ring volle 0.7 des Raumes zwischen der innern Grenze des hellen Ringes und der Saturnkugel einnimmt. Es schien dem Beobachter, als wenn dieser Ring gegen den Saturn hin allmählich schwächer wird, ohne bestimmte Grenzen.

Auch den scheinbaren Durchmesser des Saturnmondes Titan hat Dr. See verschiedentlich gemessen und geschätzt. W. Struve und H. Mädler fanden dessen Durchmesser früher zu etwa 0.75″, Barnard bestimmte ihn (1894) zu 0.558″. Dr. See findet 0.487″ oder 3481 *km*. Als Endergebnis seiner Messungen giebt er folgende Resultate:

Äusserer Durchmesser des äussern Ringes . .	40.304″ = 278768	*km*
Innerer „ „ „ „ . .	34.788″ = 240610	„
Durchmesser im Zentrum von Enckes Teilung .	37.777″ = 261290	„
Breite von Enckes Trennungslinie	0.107″ = 740	„
Breite des äussern Ringes	2.758″ = 19076	„
„ „ „ Teiles des äussern Ringes	1.237″ = 8556	„
„ „ innern „ „ „ „	1.414″ = 9780	„
„ von Cassinis Trennungslinie	0.418″ = 2891	„
Äusserer Durchmesser des mittlern Ringes . .	33.951″ = 234827	„
Innerer Durchmesser des mittlern Ringes (oder äusserer Durchmesser des dunklen Ringes)	25.952″ = 179501	„

Breite des mittlern Ringes	4.000″ = 27667 km
Innerer Durchmesser des dunklen Ringes . .	20.582″ — 142359 „
Breite des dunklen Ringes	2.685″ = 18571 „
Zwischenraum zwischen Saturn und dem dunklen Ringe	1.567″ = 10838 „
Äquatorialdurchmesser des Saturn	17.448″ = 120682 „
Abplattung (nach H. Struve)	0.1013″
Polardurchmesser	15.681″ = 108457 „
Masse des Saturn (nach Bessel)	1 : 3501.6
Mittlere Dichte des Saturn	0.1234 = 0.679 des Wassers.

Die Rotation des Saturn. Während des Jahres 1896 sind zu Juvisy von Antoniadi wiederholt dunkle Flecken auf der Saturnsoberfläche gesehen worden.[1]) Die Durchgänge derselben durch die Mitte der Scheibe in den Monaten Juni und Juli ergaben als mittlere Rotationsdauer $10^h\ 14^m\ 14^s$. Im Jahre 1897 wurden in den Monaten Juni bis August vier dunkle Flecken während mehrerer Rotationen beobachtet. Sie ergaben als mittlere Umdrehungsdauer des Planeten $10^h\ 14^m\ 4^s$.

Die Exzentrizität der Saturnringe. Im Jahre 1684 sprach.[2]) der Kanonicus Gallet in Avignon die Meinung aus, dass bisweilen die Kugel des Saturn nicht genau in der Mitte des Ringes erscheine. Wenn Saturn nahe der östlichen Quadratur ist, so steht nach Gallet der Mittelpunkt seiner Scheibe dem östlichen Rande des Ringes näher. Nach seiner Ansicht wäre diese exzentrische Stellung lediglich eine Wirkung der Phase, welche in der Quadratur die Scheibe des Saturn zeigt. Die Ausführungen Gallets blieben völlig unbeachtet, bis Schwabe in Dessau am 27. Dezember 1826 wahrzunehmen glaubte, dass[3]) der dunkle Raum zwischen dem Saturnringe und der Saturnscheibe im Osten (also rechts) von letzterer breiter sei als im Westen (links). Harding in Göttingen bestätigte diese Wahrnehmung und teilte sie F. W. Struve mit, der dann am Dorpater Refraktor 1828 Messungen darüber anstellte und den Unterschied zu 0,215″ bestimmte. Bessels Messungen 1830 zeigten etwas Ähnliches, doch mit geringerer Sicherheit. In den Jahren 1841 bis 1843 beobachteten gleichzeitig Schwabe zu Dessau und de Vico zu Rom und kamen zu dem Ergebnisse, dass die Exzentrizität des Saturnringes veränderlich sei, doch konnten sie eine Periode dieser Veränderung nicht ermitteln. Abgesehen von Struves und Bessels Messungen sind die Angaben der Beobachter über die exzentrische Lage der Ringe bis 1840 indessen nur Schätzungen der scheinbaren Breite des dunklen Zwischenraumes zwischen dem Rande des Saturn und dem innern Rande des hellen Doppelringes. Gallets Wahrnehmungen wurden jedenfalls an einem sehr unvollkommenen Fernrohr gemacht und

1) Monthly Notices 1901. 61. No. 3. p. 131.
2) Journal des Savants 1684 p. 198.
3) Astron. Nachr. No. 433.

diejenigen von Schwabe an einem Fernrohre von nur 3 1/2 Fuss Brennweite. Ob aber eine Stellungsdifferenz von höchstens 1/4″ in einem alten, mittelmässigen Fernrohre, wie Gallet nur benutzen konnte, überhaupt auffassbar ist, dürfte doch zweifelhaft sein; selbst an einem Fraunhoferschen Refraktor von ca. 33‴ Öffnung ist es kaum möglich, über einen so kleinen Unterschied mit Sicherheit nach Schätzung zu urteilen. Dazu kommt, dass dem innern Rande des hellen Ringes der sogenannte Crapring anhängt, der zwar von Schwabe 1828 nicht erkannt wurde, dessen Vorhandensein aber jedenfalls das Urteil über die Breite des dunklen Zwischenraumes zwischen hellem Ringe und Saturn nicht erleichtert. Sonach scheint die exzentrische Stellung des Saturn in seinem Ringe nur als Vermutung Schwabes, die durch W. Struve 1828 ihren sichern Nachweis erhielt. O. Struve fand[1]) 1851 am 15-Zoller zu Pulkowo aus seinen Messungen keine exzentrische Stellung des Saturn, und hierdurch fand die weitere Vermutung Boden, dass die Exzentrizität des Ringsystems veränderlich sein möchte. Während der günstigen Stellung des Saturn in den Jahren 1854—1856 hat Secchi in Rom die Frage nach der elliptischen Gestalt des Ringes und der Bewegung seiner Apsidenlinie durch Beobachtungen zu entscheiden gesucht.[2]) Er fand die Exzentrizität desselben zu 0.004 und als Periode der scheinbaren Änderung 14.428^h. Im Jahre 1896 hat, entsprechend einer Aufforderung von Prof. Seeliger, Dr. W. Villiger am 10.5-zolligen Refraktor zu München Beobachtungen über die Exzentrizität des Saturnringes begonnen und teilte die Ergebnisse, zu denen er bis jetzt gelangte, kürzlich mit.[3]) Während jener Opposition (1896) war er bemüht, an denselben Abenden die Messungen möglichst lange Zeit anzustellen, um die schon öfter vermuteten kurzperiodischen Änderungen zu ermitteln. Obschon damals von Mai 9 bis Juni 30 an 24 Abenden beobachtet wurde und dabei an 9 Abenden die Messungen über mehr als 2 Stunden ausgedehnt werden konnten, so war das Resultat doch ein negatives insofern, als sich solche kurze Perioden (von 9.5^h und 8.2^h) nicht mit Sicherheit feststellen liessen.

Gelegentlich der Reduktion dieser Beobachtungen von 1896 hatte Dr. Villiger die ältern Beobachtungen zusammengestellt; es war dabei seine Absicht, die obigen kurzen Perioden durch andere Messungen sicher zu stellen. Alle Versuche nach dieser Richtung waren erfolglos. Diese Zusammenstellung aller vorhandenen Messungen ergab aber in ganz anderer Richtung ein eigentümliches Verhalten. Die Übersicht über die Fadenmikrometermessungen zur Bestimmung der Exzentrizität der Saturnringe zeigt nämlich deutlich periodische Veränderungen, deren Periode Villiger damals auf etwa 9.5 Jahre

---

1) Astron. Nachr. 9. p. 14.
2) Monthly Notices 16. p. 50.
3) Astron. Nachr. No. 3781.

schätzte. Dieses unerwartete Resultat bewog ihn, den Beobachtungsmodus für die nächsten Jahre etwas abzuändern, und er war demzufolge mehr darauf bedacht, möglichst viele Beobachtungsabende zu bekommen, als an ein und demselben Abende die Messungen auf mehrere Stunden auszudehnen.

Die Untersuchung der sämtlichen Beobachtungen von 1880 bis 1901 ergab als Periodendauer für die Änderung der Exzentrizität 9.26 Jahre, doch werden mit diesem Werte die Beobachtungen um 1828 und 1851 nicht gut dargestellt, so dass Dr. Villiger die Vermutung einer sekularen Änderung der Exzentrizität ausspricht, deren Periode sich aber aus den vorhandenen Beobachtungen nicht ableiten lässt. Bleibt man bei den Rechnungen von Dr. Villiger stehen, so folgt aus denselben für rückläufige Bewegung der Apsidenlinie als Umdrehungszeit 13.5 Jahre, und unter Annahme von 40.1″ für den äussern Durchmesser des Ringes folgt ferner als Exzentrizität für diese äusserste Stelle am Saturnringe $e = 0.0016$. Dr. Villiger macht u. a. noch folgende Bemerkungen: »Seit dem Jahre 1895 haben C. Flammarion[1]) und E. Antoniadi[2]) die Aufmerksamkeit auf die Exzentrizität der Saturnringe gelenkt. Sie haben, wie das schon früher öfters geschehen, durch direkte Vergleichung der beiden Ringhenkel und insbesondere der Distanz des innern Randes des Crapringes vom Saturnrande links und rechts, die Exzentrizität abgeschätzt. Direkte Messungen dieses Abstandes sind leider aus den letzten Jahren nicht vorhanden.

Bemerkenswert ist das gegenwärtige (1901.3) Verhalten der Abstände des äussern Ringrandes vom Saturnrande und des innern hellen Ringrandes vom Saturnrande, deren Exzentrizitäten nach entgegengesetzten Seiten stehen. Das hat zur Folge, dass der helle Ring rechts deutlich breiter erscheint als links. Die von zahlreichen Beobachtern gemachten Wahrnehmungen über zeitweiliges verschiedenes Aussehen der Cassini- und Encke-Teilung links und rechts von Saturn, sind gewiss auch durch die Verschiedenheit in den Exzentrizitäten und Umdrehungszeiten der Perisaturnien für verschieden weit vom Saturnzentrum entfernte Stellen des Ringes zu erklären, und es können nach dieser Richtung auch Zeichnungen oder genaue Beschreibungen des auf den Ringen Bemerkten von grossem Werte sein. Denn dieselben sind im stande, die Messungen gewissermassen zu ergänzen. Auch auf den Ringen selbst gelegene Punkte, welche der direkten Messung nur schwer oder garnicht zugänglich sind, können dadurch in die Betrachtung einbezogen werden. Vor allem wird es aber notwendig sein, noch für eine längere Reihe von Jahren genaue Messungen anzustellen.«

---

[1]) Monthly Notices 60. p. 441. 442; id. 61. p. 129. 130.

[2]) Bulletin de la Société Astronomique de France 1899. p. 39.

Die Bahn des Saturnmondes Enceladus. Am 26-zolligen Refraktor des Leander McCormickobservatoriums der Universität von Virginia hat Herbert E. Morgan seit mehrern Jahren Beobachtungen der Saturnmonde angestellt, behufs genauerer Bestimmungen ihrer Bahnen. Von diesen hat er die Beobachtungen des zweitinnersten Mondes, Enceladus, zu einer neuen Untersuchung der Bahn desselben benutzt.[1]) Dieser Mond, 1789 von W. Herschel entdeckt, ist, obgleich klein und lichtschwach, doch für den 26-zolligen Refraktor in guten Nächten in allen Teilen seiner Bahn kein schwieriges Objekt. Das Interesse an diesem Saturnmonde gipfelt, wie H. Struve[2]) nachgewiesen, in dem Umstande, dass seine mittlere Bewegung sehr nahe zweimal so gross ist als die mittlere Bewegung des 4. Saturnmondes (Dione), und dadurch Störungen entstehen, welche ein Schwanken (Libration) der mittlern Länge und der Bewegungen des Knotens und Perisaturniums des Enceladus hervorrufen. Die Beobachtungen geschahen in den Jahren 1894, 1898 und 1900, und indem der Berechner von den Struveschen Bahnelementen für Enceladus ausging, fand er folgende definitiven Werte derselben, welche die Beobachtungen 1894, 1898 und 1900 am besten darstellen:

	1894.35 Mai 8.0	1898.52 Juli 8.0	1900.52 Juli 8.0 M. G. Zt.
E	331.281°	250.346°	165.102°
γ	1.5′	9.0′	11.4′
δ	131.3°	309.3°	142.4°
e	0.00581	0.00397	0.00642
P	202.1°	28.9°	257.2°

Hier bezeichnet E die mittlere Länge vom Frühlingsäquinoktium in der Ekliptik gezählt; P die Länge des Perisaturniums, ebenfalls von jenem Punkte aus gezählt; γ die Neigung, δ den Knoten auf dem Saturnäquator gezählt vom Knoten des Saturnäquators auf dem Erdäquator; e die Exzentrizität der Bahn. Die mittlere Länge für 1900 ist in guter Übereinstimmung mit Struve, die Exzentrizität ist aber grösser, als sie früher gefunden, die Länge des Perisaturniums stimmt gut mit der von Struve theoretisch gegebenen Bewegung überein; da die Neigung nur gering ist, so bleibt die Knotenlänge unsicher, doch stimmt sie näherungsweise mit der theoretisch berechneten überein. Die Ergebnisse bestätigen die Vortrefflichkeit der Beobachtungen und der Theorie in der Untersuchung Struves vollkommen.

---

[1]) Publications of the McCormick Obs. of the Univ. of Virginia. 2. I. Charlottesville 1901.

[2]) Public. de Pulkovo [2] 9.

Der Mond.

Die Helligkeit des sekundären Mondlichtes ist zu verschiedenen Zeiten sehr ungleich. Schon Lambert und Schröter waren hierauf aufmerksam geworden und erklärten die Thatsache dadurch, dass zu gewissen Zeiten der Mond vorzugsweise von den grossen Festlandmassen der Erde Licht zugestrahlt erhält, zu andern aber von den ozeanischen Teilen derselben, welche weniger Helligkeit ausstrahlen. Auch der Zustand der Erdatmosphäre spielt dabei eine gewisse Rolle. Am 22. März 1901 sah Lumsden in Toronto das sekundäre Mondlicht ungewöhnlich hell und vermutete als Ursache eine ungewöhnliche Bewölkung der dem Monde damals zugewendeten Erdhälfte. Infolge dessen hat H. H. Kimball die Erscheinung genauer untersucht.[1] Er zeigt, dass die Bewölkung der Erdatmosphäre nur eine geringe Wirkung haben kann, dass dagegen die Quantität des Erdenlichtes auf dem Monde sich umgekehrt wie die vierte Potenz der Entfernung beider Weltkörper verhält. Er findet danach, dass das sekundäre Mondlicht 27% heller sein muss, wenn der Mond in seiner Erdnähe steht, als bei mittlerer Entfernung desselben, und in dieser 25% heller als in grösster Entfernung von der Erde. Die grössten aus der veränderlichen Entfernung des Mondes resultierenden Unterschiede in der Helligkeit des aschfarbenen Lichtes können also bis auf 52% der ganzen Helligkeit desselben steigen. Dies ist aber offenbar ein weit grösserer Betrag als derjenige, welcher aus der mehr oder minder grossen Bewölkung der Erdatmosphäre resultieren könnte. Am 21. März 1901 war der Mond in der Erdnähe, und infolge dieses Umstandes allein musste das sekundäre Licht der Mondscheibe wenigstens um ein Viertel heller als im Durchschnitte erscheinen. Wenn daher auch zweifellos der Zustand der Bewölkung über dem dem Monde zugewandten Teile der Erdoberfläche einen Einfluss auf die Helligkeit des aschgrauen Mondlichtes ausübt, so ist derselbe doch sehr gering, und die Hauptursache, weshalb dieses Licht heller oder minder hell erscheint, ist in der veränderlichen Entfernung des Mondes von der Erde zu suchen.

Ortsbestimmung von 150 Mondkratern. Prof. Jul. Franz hat eine sehr wichtige Arbeit veröffentlicht, in welcher er die von ihm gemessenen und berechneten Örter von 150 Objekten der Mondoberfläche mitteilt.[2] Diese Untersuchung beruht auf der Ausmessung von Mondphotogrammen, deren Aufnahmezeiten wenig von der Zeit des Vollmondes abweichen. Deshalb enthält sie auch nur

[1] Monthly Weather Review 1901. p. 209.

[2] Mittlgn. d. Kgl. Univ.-Sternwarte zu Breslau 1901. 1. p. 1 ff.

Objekte, die im Vollmonde gut sichtbar bleiben und sich durch die Helligkeit von ihrer Umgebung abheben, während man früher die besonders durch Schattenwurf und Gebirgsformen charakterisierten Objekte zum Gegenstande der Messung machte, weil man die Messungen meist in der Nähe der Lichtgrenze vornahm. Da die Photographie sich immer mehr in der Himmelskunde einbürgert, so werden die hier bestimmten Formationen auch für die Zukunft mehr Anwendung finden, als die nur in der Nähe der Lichtgrenze sichtbaren.

Die Bestimmung erstreckt sich nicht nur auf Mondkrater, sondern auch auf einige Berge. Im allgemeinen wurden helle und kleine, gut bestimmbare Objekte ausgewählt. Bei Kratern gilt der Ort, wenn nicht das Gegenteil besonders angegeben ist, nicht für den Zentralberg (der in dem Photogramm oft nicht sichtbar war), sondern für den Schwerpunkt der Figur. Bei Bergen wurde stets der hellste Punkt, meist zugleich Lichtschwerpunkt, eingestellt.

Bei der Auswahl der Objekte wurde eine gleichmässige Verteilung über die Mondscheibe angestrebt. Aber in der Nähe von Tycho und Copernicus, besonders westlich und nordwestlich von beiden, blieben in der Umstrahlung kaum Objekte sichtbar, auch in dem hellen gebirgigen Südwestquadranten mussten alle irgend brauchbaren Objekte zur Messung herangezogen werden, und ihre Identifizierung bereitete Schwierigkeiten. Dagegen hat Franz im Nordwestquadranten nur die schönsten ausgewählt. In der Umgegend von Mösting A und Gassendi z, die ihm besonders von Interesse schien, sind auch unscheinbare Punkte gemessen.

Bevor die Ausmessung unternommen wurde, musste Prof. Franz die physische Libration des Mondes und die Örter einiger Fundamentalkrater, deren gegenseitige Lage zur Orientierung und zur Bestimmung des Massstabes der Photogramme dienen sollten, bestimmen.

In der I. Abhandlung des 38. Bandes der »Beobachtungen auf der Königlichen Universitätssternwarte zu Königsberg« sind die Konstanten der physischen Libration und zugleich die Lage von Mösting A, einem kleinen hellen Krater nahe der Mitte der Mondscheibe, bestimmt. Hierdurch ist die Lage dieses Kraters ungleich genauer bekannt geworden, als die irgend eines andern Punktes der Mondoberfläche, und wenn man statt der unebenen Mondränder diesen sternähnlichen Krater im Meridiane beobachtet, so erhält man mit Hilfe der Ephemeride, welche das Berliner Astronomische Jahrbuch seit 1892 von ihm giebt, Mondörter zur genauern Bestimmung der Elemente der Mondbahn und der parallaktischen Ungleichheit, aus welcher am sichersten die Sonnenparallaxe berechnet wird, wie es Astron. Nachr. No. 3262 und 3444 geschehen ist. Denn der Koeffizient der parallaktischen Ungleichheit ist $> 124''$ und somit mehr als viermal so gross als die Parallaxe von Venus bei Durchgängen und von Eros in Erdnähe. Ausserdem bietet die Bestimmung

der Sonnenparallaxe aus der Mondbahn den Vorteil, dass sie in jedem Monate stattfinden kann, während die Periheloppositionen des Eros und besonders die Venusdurchgänge verhältnismässig selten sind.

In der 5. Abhandlung desselben 38. Bandes der Königsberger Beobachtungen ist dann die Figur des Mondes untersucht und seine Verlängerung nach der Erde zu = 0,001 14 ± 0,003 90 w. F., also unmerklich gefunden, während anderseits auch die Abplattung des Mondes entsprechend der langsamen Rotation unmerklich ist.

Dass die Verlängerung des Mondkörpers nach der Erde zu kleiner als ihr wahrscheinlicher Fehler ist, bestätigt eine neue Untersuchung von Dr. Mainka, die auf ganz anderer Methode beruht. Hieraus ergiebt sich der wichtige Schluss, dass man bei der Bestimmung der selenographischen Längen und Breiten der Krater den Mondkörper als eine Kugel betrachten kann. In der 5. Abhandlung des 38. Bandes der Königsberger Beobachtungen hat Verf. auch acht den Rändern benachbarte Krater durch heliometrischen Anschluss an Mösting A bestimmt. Die selenographischen Längen und Breiten der hierdurch bekannt gewordenen Fixpunkte nebst den zugehörigen wahrscheinlichen Fehlern sind folgende:

	λ	w. F.	β	w. F.
Mösting A	— 5° 10.32′	± 0.13′	— 3° 11.40′	± 0.09′
Proclus	+ 46 57.27	± 0.57	+ 16 4.78	± 0.73
Macrobius a	+ 40 21.94	± 0.52	+ 19 32.69	± 0.74
Sharp A	— 42 33.24	± 1.40	+ 47 31.78	± 0.76
Aristarch	— 47 32.43	± 0.86	+ 23 42.23	± 0.80
Cassendi z	— 42 52.19	± 0.58	— 16 27.43	± 0.55
Byrgius A	— 63 48.23	± 1.32	— 24 33.47	± 0.75
Nicolai A	+ 23 38.92	± 0.51	— 42 26.97	± 0.63
Fabricius K	+ 42 14.63	± 0.76	— 46 4.17	± 0.86

Diese 9 Fixpunkte liegen der jetzigen Untersuchung zum Grunde. Über die spezielle Methode der Untersuchung und Berechnung muss auf das Original verwiesen werden, dagegen möge hier der Katalog der nach ihrer selenographischen Lage bestimmten Objekte nebst den erhaltenen definitiven Werten eine Stelle finden. Die Helligkeit wurde wie bei Mädler in zehn Stufen geschätzt, so dass zehn die höchste Helligkeit bedeutet. Doch hat Prof. Franz durchschnittlich heller als Mädler geschätzt. Die Helligkeit steht in der Schlusstabelle hinter dem Durchmesser. Dahinter befindet sich die geringere Helligkeit der Umgebung. Hat der Krater selbst verschiedene Helligkeit, so wurde für ihn die Maximalhelligkeit angeschrieben, für die Umgebung dagegen die durchschnittliche Helligkeit. »Es ist«, sagt Prof. Franz, »ein eigentümliches Gesetz der Mondgebilde, dass ihre Helligkeit im allgemeinen mit der Höhe wächst. Ausnahmen bilden z. B. die hellen Streifen, Umglänzungen und die drei dunklen Flächen im Alphonsus A.«

	Selenographische Länge	Selenographische Breite	Durchmesser		Helligkeit und die der Umgebung	
1. Abulfeda A . . .	+ 10° 47'.29	— 16° 25'.08	23'	21'	7.6 in	6.6
2. Abulfeda b . . .	+ 13 6.86	— 16 11.41	36	23	8.4	5.4
3. Abulfeda e . . .	+ 10 9.79	— 16 44.49	13	13	8.5	6.0
4. Airy A	+ 7 40.71	— 17 2.11	23	20	7.3	5.5
5. Airy, Randkrater .	+ 4 29.42	— 17 37.55	23	19	7.1	5.1
6. Alfraganus . . .	+ 19 1.18	— 5 25.08	39	39	8.1	5.4
7. Alfraganus c . . .	+ 18 7.52	— 6 6.75	16	16	8.9	5.6
8. Alphonsus A . . .	— 2 41.87	— 13 20.84	15	10	7.2	4.9
9. Arago A	+ 20 0.30	+ 4 34.57	28	27	6.5	3.9
10. Aratus	+ 4 31.89	+ 23 36.38	21	17	7.9	5.8
11. Archimedes A . .	— 6 23.92	+ 28 1.38	23	20	7.5	4.4
12. Archytas B . . .	+ 7 28.23	+ 64 57.80	27	16	8.4	6.2
13. Aristarchus . . .	— 47 32.43	+ 23 42.23	72	56	10	—
14. Azophi a	+ 10 5.38	— 20 49.45	24	22	7.8	5.5
15. Beaumont A . . .	+ 26 12.62	— 17 3.68	22	17	8.2	5.7
16. Bessarion	— 37 16.71	+ 14 48.47	22	16	8.0	4.4
17. Bessel	+ 17 53.77	+ 21 42.57	28	25	4.5	3.5
18. Bessel A	+ 20 59.43	+ 24 44.07	14	11	4.6	2.6
19. Billy	— 50 3.00	— 13 49.37	83	50	6.9	5.0
20. Bode	— 2 25.91	+ 6 43.04	35	35	7.7	5.4
21. Bode A	— 1 8.85	+ 8 59.34	25	23	8.4	5.5
22. Bode B	— 3 4.28	+ 8 44.73	17	16	6.2	5.0
23. Boscovich A . . .	+ 10 43.02	+ 9 10.52	11	8	6.9	4.2
24. Bouguer	— 35 40.67	+ 52 12.99	47	24	7.6	5.4
25. Büsching e . . .	+ 18 25.66	— 36 41.51	27	21	6.8	5.1
26. Byrgius A	— 63 48.23	— 24 33.47	20	7	9	—
27. Campanus, Cnt.-Bg.	— 27 43.78	— 27 58.16	9	6	6.9	4.4
28. Capella D	+ 34 5.61	— 4 15.32	28	22	8.0	5.2
29. Carlini	— 24 2.76	+ 33 41.28	21	15	6.2	3.4
30. Cassini C	+ 7 47.28	+ 41 41.59	23	20	8.0	4.7
31. Censorinus	+ 32 39.95	— 0 23.91	37:	30:	8.9	6.7
32. Cepheus A	+ 46 30.37	+ 41 1.42	21	14	8.7	5.5
33. Condamine a . . .	— 30 4.67	+ 54 20.62	32	20	8.2	5.9
34. Damoiseau e . . .	— 58 16.96	— 5 14.20	26	16	9.5	4.8
35. Davy A	— 7 42.85	— 12 12.60	23	22	6.7	4.8
36. Dionysius	+ 17 19.79	+ 2 46.46	35	34	9.2	4.2
37. Dionysius A . . .	+ 15 6.15	+ 3 56.61	26	25	7.2	4.7
38. Diophantus . . .	— 34 13.62	+ 27 35.29	34	27	6.1	3.6
39. Drebbel	— 48 58.75	— 40 54.23	63	29	8.0	5.6
40. Endymion G . . .	+ 55 36.44	+ 56 22.70	23	18	8.8	8.0
41. Eudoxus A	+ 20 4.95	+ 45 47.09	27	18	8.6	6.0
42. Euklides . , . . .	— 29 28.66	— 7 23.73	23	23	7.5	6.0
43. Euler A	— 36 49.56	+ 20 52.03	29	25	7.9	3.8
44. Fabricius K . . .	+ 42 14.63	— 46 4.17	35	20	8	4
45. Flamsteed	— 44 14.98	— 4 29.23	39	28	6.4	3.0
46. Fourier A	— 48 28.10	— 32 16.54	38	24	9.2	6.4
47. Fracastor d . . .	+ 28 2.12	— 23 1.92	53	24	8.0	6.2
48. Franklin B . . .	+ 39 43.79	+ 37 7.30	33	21	8.4	5.2
49. Galilei	— 62 39.99	+ 10 27.89	28	15	5.6	2.3
50. Gambart A . . .	— 18 43.86	+ 0 57.51	21	20	8.2	5.5
51. Gambart E	— 13 12.56	— 1 23.57	22	21	7.2	4.6
52. Gassendi A . . .	— 43 35.23	— 18 25.91	19	12	8.8	5.2
53. Gassendi D . . .	— 33 54.05	— 13 20.88	31	24	6.1	3.4
54. Gassendi G . . .	— 44 34.53	— 16 44.46	12	7	6.9	4.7
55. Gassendi z	— 42 52.19	— 16 27.43	10	10	8	5
56. Guericke B	— 15 14.27	— 14 33.76	33	31	6.9	4.2
57. Guericke C	— 11 32.00	— 11 33.27	20	19	8.5	4.0
58. Guttemberg A . .	+ 39 57.68	— 9 0.44	27	23	7.8	6.1
59. Hansen A	+ 74 43.81	+ 13 22.82	25	9	8.8	8.0
60. Harpalus A . . .	— 39 41.91	+ 50 21.08	46	24	7.7	5.3
61. Heinsius a	— 17 29.68	— 39 40.64	35	26	7.4	5.8
62. Hercules D . . .	+ 39 7.72	+ 46 22.28	25	15	8.2	5.2
63. Herschel c	— 3 9.96	— 5 0.49	20	19	6.2	4.7
64. Hesiodus A . . .	— 17 0.76	— 30 5.94	24	22	5.6	4.8
65. Hippalus A . . .	— 28 22.40	— 23 15.59	34	26	8.7	5.1
66. Hipparchus C . . .	+ 8 14.60	— 7 24.04	30	29	8.7	5.1
67. Hipparchus E . .	+ 7 0.62	— 2 52.40	29	28	7.9	5.2
68. Hipparchus G . .	+ 7 25.94	— 5 0.92	25	25	7.3	4.8
69. Higinus	+ 6 17.49	+ 7 46.08	16	14	5.8	4.4
70. Hypatia B	+ 24 10.60	— 0 34.41	14	13	8.3	4.6
71. Jansen B	+ 26 41.21	+ 10 40.26	36	32	6.9	4.0
72. Kepler	— 37 57.72	+ 8 6.40	64	46	8.4	6.6
73. Lalande	— 8 35.28	— 4 27.88	50	50	6.8	5.5
74. Lalande A	— 9 46.64	— 6 38.11	22	22	7.2	4.9
75. Lalande D . . .	— 6 52.57	— 5 35.70	21	21	6.9	5.0

	Selenographische		Durchmesser		Helligkeit und die der Umgebung	
	Länge	Breite				
76. Lambert Γ	− 18° 26′.71	+ 26° 27′.53	14′	11′	7.5 in	3.7
77. Landsberg A	− 31 6.79	+ 0 10.28	16	16	8.3	4.4
78. Langrenus h′	+ 66 28.26	− 9 46.41	36	13	9.3	7.6
79. Linné	+ 11 47.08	+ 27 42.36	20	18	4.3	3.9
80. Lohrmann A	− 62 37.11	− 0 45.19	26	14	9.4	3.6
81. Lubiniezky B	− 23 30.00	− 14 35.58	29	27	8.8	6.1
82. Macrobius a	+ 40 21.94	+ 19 32.69	35	26	9	6
83. Macrobius B	+ 40 50.89	+ 20 55.62	28	21	9.1	6.1
84. Magelhaens c	+ 48 13.19	− 12 25.98	31	21	8.8	5.2
85. Maginus H	− 10 3.60	− 52 30.08	24	15	9.1	6.0
86. Mairan e	− 37 8.83	+ 37 43.70	13	9	7.6	3.8
87. Mare Foecund. G	+ 49 27.00	+ 1 51.98	25	16	5.8	3.2
88. Mare Humorum J	− 36 58.67	− 21 36.07	20	13	6.3	3.0
89. Mare Nectaris E	+ 34 57.37	− 17 52.05	27	19	6.9	3.9
90. Marius A	+ 45 57.65	+ 12 34.57	29	22	7.4	3.7
91. Maupertuis A	− 24 38.92	+ 50 34.02	28	19	8.8	6.4
92. Mayer A	− 28 19.72	+ 15 15.10	26	26	6.4	5.1
93. Mersenius anon.	− 46 58.10	− 19 11.99	28	18	6.7	5.3
94. Mersenius C	− 45 55.10	− 19 45.67	26	19	9.0	6.3
95. Messier	− 47 37.27	− 1 52.70	20	14	6.9	3.7
96. Messier A	+ 46 55.78	− 1 59.85	21	16	6.9	4.0
97. Messier anon.	+ 52 52.13	− 5 22.51	24	13	5.2	3.1
98. Milichius	− 30 11.49	+ 9 59.78	23	21	8.5	4.6
99. Mösting	− 5 50.10	− 0 41.31	53	46	5.8	4.7
100. Mösting A	− 5 10.32	− 3 11.40	22	22	9	5
101. Mösting c	− 8 3.90	− 1 48.19	15	15	7.0	4.7
102. Mösting δ	− 2 28.49	− 1 57.74	14	14	5.6	4.3
103. Nicolai A	+ 23 38.92	− 42 26.97	30	20	8	4
104. Palus Somnii A	+ 42 14.80	+ 13 20.50	28	16	7.6	6.4
105. Parry A	− 15 56.69	− 9 30.63	23	23	6.5	4.5
106. Pico *B*	− 8 11.52	+ 43 11.45	44	14	7.9	3.4
107. Piccolomini I	+ 36 47.12	− 26 7.06	21	14	7.7	5.8
108. Piccolomini II	+ 32 20.52	− 26 55.68	30	20	8	5
109. Piccolomini III	+ 31 56.20	− 27 52.74	38	28	7	5
110. Piccolomini IV	+ 29 45.09	− 25 41.66	10	10	9	5
111. Playfair A	+ 10 28.44	− 22 48.31	45	34	8.2	5.7
112. Plinius A	+ 26 19.83	+ 17 13.52	34	28	6.2	3.4
113. Plinius, Centr.-Bg.	+ 23 34.69	+ 15 18.96	14	13	7.3	5.8
114. Polybius B	+ 25 34.21	− 25 33.06	23	18	7.1	6.0
115. Pons c	+ 20 47.79	− 28 45.93	26	19	7.2	6.2
116. Posidonius A	+ 29 28.75	+ 31 39.34	18	14	6.0	4.6
117. Proclus	+ 46 57.27	+ 16 4.78	56	33	9	7
118. Ptolemaeus A	− 0 48.10	− 8 30.49	16	14	6.2	4.3
119. Pythagoras A	− 62 50.96	+ 63 27.36	—	—	—	—
120. Reiner	− 54 54.14	+ 6 53.62	62	31	6.2	2.2
121. Reiner A	− 51 22.90	+ 5 7.24	19	11	6.2	3.1
122. Rhaeticus A	+ 5 11.94	+ 1 44.21	18	18	5.4	4.8
123. Rhaeticus b	+ 6 50.09	+ 1 37.16	15	13	8.0	5.6
124. Ross A	+ 20 6.10	+ 10 30.98	43	38	4.8	3.3
125. Sacrobosco c	+ 15 51.28	− 22 58.75	22	19	7.2	5.4
126. Seneca A	+ 69 57.04	+ 29 41.44	27	10	9.0	8.0
127. Sharp A	− 42 38.24	+ 47 31.78	31	20	9	5
128. Sharp b	− 45 12.26	+ 46 54.09	39	20	9.2	5.8
129. Silberschlag	+ 12 33.29	+ 6 12.59	26	26	7.1	5.0
130. Silberschlag a	+ 13 13.39	+ 6 56.26	10	10	7.6	5.4
131. Sirsalis f	− 60 8.38	− 13 37.36	23	13	9.2	5.8
132. Sinus Medii B	+ 0 23.68	+ 1 10.20	17	16	5.6	4.2
133. Sosigenes	+ 17 36.14	+ 8 42.66	33	32	5.4	4.2
134. Sosigenes a	+ 18 28.32	+ 7 45.75	21	19	5.1	3.9
135. Taquet	+ 19 11.33	+ 16 37.19	14	13	7.1	3.4
136. Taquet A	+ 20 14.78	+ 14 19.58	25	23	6.9	3.2
137. Taruntius A	+ 49 52.46	+ 7 16.03	24	16	8.2	5.2
138. Thales	+ 50 17.00	+ 61 45.20	60	20	9.9	7.6
139. Thebit A	− 4 53.94	− 21 34.41	35	34	6.9	5.3
140. Thebit B	− 8 32.24	− 22 20.65	31	28	8.2	4.6
141. Thebit C	− 12 25.99	− 21 54.96	29	26	6.0	3.6
142. Theon junior	+ 15 50.43	− 2 23.52	32	30	7.2	5.2
143. Theon senior	+ 15 26.04	− 0 47.79	31	28	7.8	5.2
144. Tralles A	+ 47 4.09	+ 27 26.65	33	20	8.8	5.8
145. Triesnecker	+ 3 37.43	+ 4 10.65	52	51	6.2	4.9
146. Triesnecker A	+ 1 8.38	+ 3 59.35	26	26	7.1	4.7
147. Ukert	+ 1 23.32	+ 7 43.47	43	—	7.2	5.0
148. Vitello	− 37 18.29	− 30 19.98	11	9	7.0	5.9
149. Vitruvius A	+ 33 48.47	+ 17 44.89	34	27	7.6	5.2
150. Werner, nördlicher Randberg	+ 3 15.47	− 27 4.77	17	17	7.9	5.7

Die Verlängerung des Mondes nach der Erde zu bildet den Gegenstand einer auf Heliometermessungen der Sichelbreite (Phasengrösse) beruhende Untersuchung von Dr. Carl Mainka in Breslau.[1]) Der Verf. giebt einleitend eine Übersicht der bisherigen einschlägigen Arbeiten, der folgendes entnommen ist: Vielleicht über keine andere Grösse in der Astronomie sind die Ansichten so verschieden, als über die Verlängerung des Mondes nach der Erde zu. Newton, Lagrange und Laplace haben auf rein theoretischem Wege ein Resultat über die Gestalt des Mondes zu erlangen versucht, während Hansen durch Bahnbestimmung, Gussew, Kayser und Beck durch Messungen auf der Mondoberfläche einen Aufschluss über den Wert einer Verlängerung des Mondkörpers gefunden haben. In neuester Zeit hat Prof. Franz diese Frage zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht. Die auf theoretischem Wege erhaltenen Verlängerungen des Mondkörpers sind sehr klein, die übrigen dagegen (mit Ausnahme des Resultates des letztgenannten) verhältnismässig bedeutend.

In seinen »Principia mathematica philosophiae naturalis« behandelt Newton die Aufgabe, die Gestalt des Mondes zu finden. Er setzt den Mond als flüssig, wie unser Meer, voraus und geht von der Attraktions- und Zentrifugalkraft aus. Sein Resultat ist folgendes: »Die Gestalt des Mondes muss ein Sphäroid sein, und seine grosse Axe übertrifft die Rotationsaxe um 186 Fuss«. Die Verlängerung findet sich hieraus zu 0.000016 des Durchmessers.

Lagrange spricht in seiner Abhandlung über die physische Libration des Mondes die Ansicht aus, dass der Mond nicht sphärisch, und seine grösste Axe nach der Erde zu gerichtet ist. Nach Lagrange ist der Wert der Verlängerung des Mondes nach der Erde zu 0.0003.

Einen noch kleinern Wert für diese Verlängerung ergiebt die Theorie der Flut von Laplace, nämlich 0.000075.

Im Gegensatze zu diesen aus der Theorie folgenden kleinen Werten stehen die folgenden grossen Werte.

Am 10. November 1854 unterbreitete Hansen der Königlichen astronomischen Gesellschaft zu London eine Arbeit: »Über die Figur des Mondes«, welche im 24. Bande der Abhandlungen dieser Gesellschaft veröffentlicht ist. Hansen findet, dass der Mittelpunkt der Figur des Mondes nicht mit dem Schwerpunkte zusammenfällt, sondern dass letzterer um 59000 Meter weiter von uns entfernt ist, als ersterer. Es wäre also der Mond in Bezug auf seinen Schwerpunkt nach der Erde zu sogar um 8.4 Prozent verlängert.

Durch Hansen veranlasst, beschäftigte sich Gussew mit diesem Probleme und legte am 14. Oktober 1859 der Akademie der Wissenschaften in Petersburg eine diesbezügliche Arbeit vor. Gussew gelangt zu ähnlich grossen Werten, nämlich zu Verlängerungen des

---

[1]) Mittlgn. d. Kgl. Univ.-Sternwarte zu Breslau 1901. 1. p. 5 ff.

Mondes bis zu 7 Prozenten. Seine Methode beruht auf dem Prinzip der Perspektive. Durch Messung der Lage einiger Krater an zwei Mondphotogrammen verschiedener Libration ermittelte er ihre Entfernung vom Mittelpunkte des Mondkörpers und damit die Verlängerung desselben. Doch da er die Zeiten, zu welchen der Mond photographiert wurde, nicht genau kannte, sondern nur die Tage, so verliert sein Resultat an Gewicht, denn die optische Libration ändert sich so stark, dass eine ebenso wahrscheinliche andere Annahme der Aufnahmezeit, als Gussew gemacht hat, die Verlängerung Null ergeben würde.

Neun Jahre später veröffentlichte Kayser in den Astronomischen Nachrichten Bd. 73 eine Arbeit über die Gestalt des Mondes. Er findet eine Verlängerung um 3.0 Prozent. Leider beruht dieses Resultat nur auf Messung einer Sichelbreite im Mondäquator. Bedenkt man ferner, dass die Lichtgrenze sich bei der Messung nicht scharf genug auffassen lässt, so kann man wohl annehmen, dass sich Beobachtungsfehler eingeschlichen haben werden, deren Einfluss auf das Endresultat von Bedeutung ist.

Im 22. Jahrgange der Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich befindet sich eine Abhandlung über die Verlängerung des Mondes von A. Beck. Aus dem Unterschiede der beobachteten selenographischen Koordinaten von Mondkratern für die Mondkugel und der für ein Mondellipsoid berechneten findet er eine Verlängerung von $+ 0,021 \pm 0.012$. Er benutzt die gemessenen Längen und Breiten von vier Mondkratern, wie sie im Werke: »Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen oder allgemeine, vergleichende Selenographie von W. Beer und Dr. J. H. Maedler 1837«, angegeben sind. Der Verfasser legt, wie er am Ende sagt, keinen grossen Wert auf die Sicherheit seines gefundenen Resultates.

Im 38. Bande der Astronomischen Beobachtungen auf der Königsberger Sternwarte veröffentlichte Prof. Dr. J. Franz eine Untersuchung: »Über die Figur des Mondes«. Die resultierende Grösse der Verlängerung des Mondkörpers nach der Erde zu beträgt $+ 0.001\,14 \pm 0.003\,90$. Die Arbeit stützt sich, wie die Gussews, auf das Prinzip der Stereoskopie. Zur Messung der Entfernung der Mondkrater wurden Mondphotogramme der Lickstemwarte benutzt.

Von den Arbeiten über die Gestalt des Mondes, welchen Messungen zu Grunde liegen, erweckt, wenn man die Art der Messung in Betracht zieht, wohl die Untersuchung von Prof. Franz das meiste Vertrauen. Denn Messungen am Monde, die mit einem Fadenmikrometer gemacht sind, sind bedeutend grössern Beobachtungsfehlern ausgesetzt, als die an Mondphotogrammen mit Hilfe des Ausmessens photographischer Platten. Hierzu kommt, dass die Photographien im Fokus des 36-zölligen Refraktors der Lickstemwarte, also mit den besten Mitteln in grossem Massstabe hergestellt sind.

Das Resultat dieser Arbeit, dass die Verlängerung kleiner als ihr wahrscheinlicher Fehler, also unmerklich ist, stimmt mit der Theorie überein.

Dr. Mainka bespricht nun speziell die Art und Weise der Anordnung der Heliometerbeobachtungen zur Bestimmung der Sichelbreite des Mondes, leitet die Formeln zur Berechnung der Beobachtungen aus der günstigsten Zeit der letztern ab und giebt schliesslich die von ihm gefundenen Resultate. Es ergiebt sich, dass sowohl positive als negative Werte für die Verlängerung auftreten. Befindet sich an der Berührungsstelle eine Gegend, welche sich über das durchschnittliche Niveau des Mondes erhebt oder unter dasselbe vertieft ist, so wird der aus dieser Messung der Sichelbreite hervorgehende Wert für die Verlängerung ε zu einer andern Ellipse gehören. Die erhaltenen Werte für ε zeigen also gewissermassen an, um wie viel die gerade in Rücksicht zu nehmende Gegend der Mondoberfläche über oder unter der Oberfläche des als Kugel vom Radius b angenommenen Mondkörpers liegt.

Wenn so auch die erhaltenen Werte für ε eigentlich streng genommen verschiedenen Punkten der Mondoberfläche angehören, so kann doch aus ihnen ein Mittelwert genommen werden. Es liegen 15 Beobachtungen vor, welche Prof. Dr. Franz mit dem Königsberger Heliometer gemacht hat, und 6 Messungen, welche Verf. mit dem Breslauer Heliometer gemacht hat.

Kombiniert man nun diese beiden Beobachtungsreihen derart, dass jede Königsberger Beobachtung doppeltes Gewicht bekommt, so erhält man als endgültigen Wert für die Verlängerung des Mondes nach der Erde zu folgenden: $\varepsilon = +0.004 \pm 0.013$ w. F.

Dieser Wert von ε ist kleiner als sein wahrscheinlicher Fehler, ist also unmerklich klein. Es bestätigt dies genau das von Franz gefundene Resultat, bei welchem auch der wahrscheinliche Fehler grösser als der Wert selbst ist.

Aus diesem Endwerte geht hervor, dass der Mondkörper nach der Erde zu sehr wenig verlängert ist; es ist dies aber nicht so aufzufassen, als ob der Mond etwa eiförmig nach der Erde zugespitzt wäre. Betrachtet man die einzelnen Messungsergebnisse, so findet sich vielmehr, dass neben Erhebungen in der Umgebung des Mondscheitels (des Punktes, dessen selenographische Länge und Breite Null sind) auch Vertiefungen vorkommen. Der obige endgültige Wert für ε ist als Durchschnittswert für die Erhebung der Mondoberfläche über die Kugelfläche in der Nähe des Mondscheitels anzusehen.

Diese Untersuchung hat also eine Grösse der Verlängerung des Mondkörpers ergeben, welche mit den Resultaten von Hansen, Gussew, Kayser gar nicht übereinstimmt. Während nach der Berechnung der letztern der Mond sich als stark verlängert ergiebt, sagt das obige Ergebnis aus, dass die Verlängerung des Mondes unmerklich

klein ist, kleiner als ihr wahrscheinlicher Fehler. Es bestätigt die minimalen Werte, welche die theoretischen Untersuchungen und die Arbeit: »Über die Figur des Mondes«, von Prof. Dr. Franz geben.

Die allgemeinen Niveauverhältnisse der Mondoberfläche. Alle Höhenmessungen der Mondberge können bekanntlich nur auf die Umgebung bezogen werden und sind unmittelbar nicht mit einander vergleichbar. Sonach ist es auch unmöglich, ohne weiteres die Niveauverhältnisse der einzelnen Mondlandschaften zu einander zu beurteilen, obgleich dem erfahrenen Mondbeobachter nicht entgehen kann, dass gewisse Regionen der Mondoberfläche höher oder tiefer liegen müssen als andere Partien. So z. B. wird kein Mondbeobachter darüber im Unklaren sein, dass das Mare Serrnitatis eine tiefe Region der Mondoberfläche im Verhältnisse zum Mare Tranquillitatis bezeichnet, ob aber Plato weiter vom Mondmittelpunkte absteht als etwa Agrippa, lässt sich unmittelbar nicht entscheiden.

Erst die Untersuchungen, welche Prof. Julius Franz, gegenwärtig Direktor der Sternwarte in Breslau, auf der Königsberger Sternwarte über die Figur des Mondes angestellt hat, haben in dieser Beziehung bestimmte Resultate ergeben. In der naturwissenschaftlichen Sektion der Schlesischen Gesellschaft zu Breslau hat nun Prof. Franz eine Übersicht über seine bezüglichen Arbeiten gegeben.

Bei der Entstehung des jetzt völlig erstarrten Mondes aus flüssigem und plastischem Materiale musste dieser Himmelskörper, abgesehen von den lokalen Störungen, welche Ursachen der Gebirgsbildung wurden, eine Gleichgewichtsfigur im mathematischen Sinne annehmen. Die Anziehung der eigenen Massenteilchen, zweitens die Rotation und drittens die von der Erde erzeugte stehende Flut mussten dem Monde die Gestalt eines dreiaxigen Ellipsoides verleihen.

Die Abplattung an den Polen ist, wie die langsame, in gleicher Zeit wie der Umlauf sich vollziehende Axendrehung erwarten lässt, und wie direkte Messungen des Umrisses der Mondscheibe bestätigt haben, unmerklich klein und verschwindet völlig gegen die durch Gebirge hervorgerufenen Unregelmässigkeiten des Randes.

Schwieriger ist die Frage nach der Verlängerung des Mondes auf die Erde zu infolge der Flut zu beantworten. Und doch musste Prof. Franz sie lösen, da er an die Aufgabe gehen wollte, die selenographischen Längen und Breiten der hauptsächlichsten Mondkrater zu bestimmen, und vorher zu entscheiden war, ob sich die Rechnungen auf ein Ellipsoid oder eine Kugel beziehen müssten. Über die fragliche Verlängerung des Mondes bestand bisher eine so grosse Unsicherheit, wie kaum auf einem andern Gebiete der Astronomie. Denn einerseits hatten ältere, aber wenig zuverlässige Untersuchungen aus der Mitte des 19. Jahrhunderts von Hansen, Gussew und Beck eine erhebliche Verlängerung von 3—7% des Radius ergeben, anderseits deutet die Theorie der Flut und die der

physischen Libration darauf hin, dass diese noch nicht 0.1 $^0/_0$ betragen kann. Die vorliegende Frage ist dadurch schwierig, dass der Mond der Erde fast immer dieselbe Seite zuwendet, wir also sein Antlitz fast immer »en face« sehen und daher die Reliefерhöhungen nicht erkennen können, während die Frage leicht zu lösen wäre, wenn der Mond sozusagen im Profil sich zeigte, d. h. von einem Punkte der Bahntangente aus betrachtet werden könnte. Könnte man wenigstens von zwei genügend voneinander entfernten Standpunkten aus den Mond zugleich betrachten, so würde man ein stereoskopisches Bild erhalten, in dem sein Relief hervorträte.

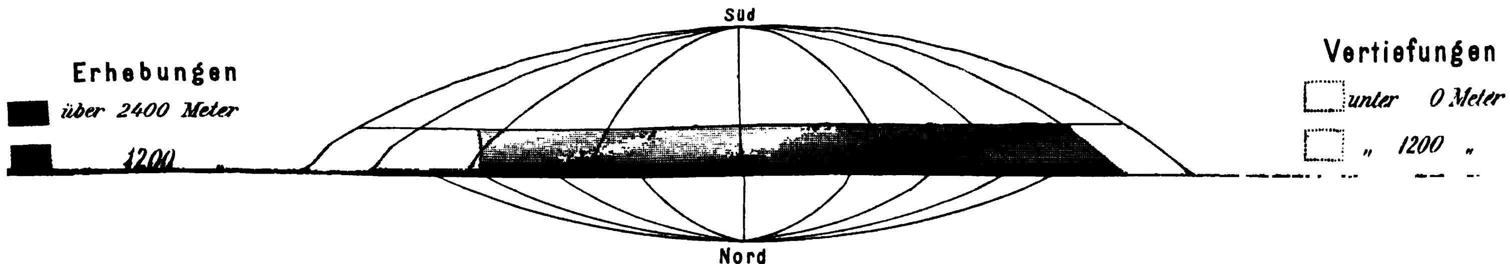
Nun zeigt aber der Mond vermöge der als Libration bekannten Schwankungen nacheinander sich ein wenig mehr von der einen und der andern Seite. Vereinigt man daher zwei photographische Bilder desselben, die zu Zeiten verschiedener Libration aufgenommen sind, unter einem Stereoskop, so erhält man ein plastisches, körperliches Bild. Solche Stereogramme hat Warren de la Rue schon hergestellt.

Um zu sichern Resultaten zu gelangen, muss man das stereoskopische Sehen durch Messung und Rechnung an zwei kombinierten Bildern verschiedener Libration ersetzen.

Die Libration oder Winkeldrehung, die der Mondkörper zum Übergange von einem Bilde auf das andere erfordert, lässt sich astronomisch berechnen, ebenso die zugehörige Verschiebung eines Punktes der Mondoberfläche, etwa eines Kraters, wenn der Mond kugelförmig wäre. Diese Verschiebung wächst aber bei gleichbleibender Winkeldrehung offenbar mit der Entfernung des Kraters vom Mondschwerpunkte, also mit der Verlängerung des Mondkörpers, und kann also zur Bestimmung derselben dienen. Dies ist das Prinzip, das der Untersuchung zu Grunde liegt.

Die Lickesternwarte auf dem Mount Hamilton in Kalifornien hat, im Fokus ihres grossen Refraktors mit 36 Zoll Objektivöffnung, vorzügliche Mondphotogramme von 14 *cm* Durchmesser auf Glasplatten aufgenommen und die Negative an Prof. Franz zur Ausmessung gesandt. Derselbe hat sieben Kombinationen von fünf Platten benutzt und sie mit einem von der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften ihm bewilligten Koordinatenmessapparat von der Firma J. Repsold & Söhne in Hamburg vermessen. Dieser Apparat ist in Band 38 der »Astronomischen Beobachtungen auf der Königl. Universitätssternwarte zu Königsberg i. Pr.« beschrieben.

Die Verlängerung des Mondes nach der Erde zu ergab sich stets klein, und zwar infolge der durch die Unebenheiten des Mondrandes hervorgerufenen unvermeidlichen Fehler in der Bestimmung des Mittelpunktes der Mondscheibe, teils positiv, teils negativ, im letztern Falle also als Verkürzung. Der Mittelwert für die Verlängerung ist $+ 0.00114 \pm 0.00890$ wahrscheinlicher Fehler in Teilen des Radius. Da diese Verlängerung von etwa 1 pro Mille



Durchschnittsniveau des Mondes

gemäfs den Untersuchungen von Prof. Dr. Franz.

Ed. H. Mayer's Verlag, Leipzig.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

kleiner ist, als ihr wahrscheinlicher Fehler, so ist ihr Wert zwar nicht zu verbürgen, aber man erkennt aus dem wahrscheinlichen Fehler, dass der Wert nicht mehrere Prozente betragen kann, sondern in Übereinstimmung mit der Theorie der Flut und der physischen Libration unmerklich klein und verschwindend gegen die Gebirgserhebungen ist. Man kann also den Mond praktisch als kugelförmig betrachten. Und doch muss eine kleine Verlängerung vorhanden (oder mathematisch genauer ausgedrückt, das Trägheitsmoment des Mondes um die der Erde zugewandte Axe das kleinste) sein, denn sonst könnte nachweislich das Phänomen der Libration nicht bestehen, vermöge dessen der Mond der Erde immer dieselbe Seite zuwendet.

Zugleich wurden für folgende 62 Krater Angaben ihrer Entfernung vom Mondschwerpunkte gefunden. Den Namen der Krater folgt die selenographische Länge λ und Breite β, die Erhebung in Einheiten der 5. Dezimalstelle des Mondhalbmessers und die Anzahl der Bestimmungen.

Krater	λ	β	Erhebung	Anzahl
	°	°		
Grimaldi A ...	—71	— 5	— 41	1
Pythagoras A.	—63	+63	—112	1
Damoiseau D .	—62	— 7	—110	1
Grimaldi f....	—57	— 1	—147	1
Fourier C.....	—51	—29	+ 47	2
Flamsteed d ..	—45	— 3	—299	2
Gassendi z ...	—43	—16	— 43	2
Sharp A	—43	+48	—109	1
Encke E......	—40	0	—144	2
Mare Hum. I..	—37	—22	+ 81	2
Weigel A.....	—35	+57	+ 20	2
Landsberg A..	—31	0	—134	2
Landsberg d ..	—30	— 2	—136	1
Laplace A....	—27	+43	—182	1
Landsberg	—26	0	— 40	2
Lubiniezky C .	—26	—14	+115	2
Gambert A ...	—19	+ 1	— 32	2
Heinsius α....	—17	—40	+129	2
Parry A	—16	— 9	+124	2
Mare Imbr. D .	—16	+33	—171	1
λ — 15.5°, β 20°	—15	+20	—102	1
Gambart B....	—12	+ 2	—121	2
Lalande A....	—10	— 7	+ 17	2
Thebit B.....	— 9	—22	+ 60	2
Mösting c.....	— 8	— 2	— 119	2
Mösting A	— 5	— 3	+ 3	5
Alphonsus A ..	— 3	—13	□ 61	2
Herschel c....	— 3	— 5	+130	2
Bode.........	— 2	+ 7	+177	2
Bode A.......	— 1	+ 9	+ 84	1
Ptolemaeus A.	— 1	— 9	— 20	3
Sinus Medii B.	+ 0	1	+ 1	2
Triesnecker A .	+ 1	+ 4	+ 47	7
Airy Randkr..	+ 5	—18	+ 43	1
Rhäticus A....	+ 5	+ 1	— 91	2
Hyginus......	+ 6	+ 8	— 88	3
Hipparch E ...	+ 7	— 3	+127	2
Manilius D....	+ 7	+13	— 13	2
Boscovich A..	+11	+ 9	+193	4
Linné c	+11	+30	— 38	2
Linné	+12	+27	—201	2
Silberschlag a.	+13	+ 7	— 1	2
Dionys A.....	+15	+ 4	+131	1
Menelaus	+15	+16	— 30	1
Bessel e......	+15	+20	— 74	2
Sacrobosco A..	+16	—24	+129	1
Buch γ.......	+18	—40	+123	1
Büsching C ...	+20	—37	+ 59	1
Ross A.......	+20	+11	+120	2
Taquet A.....	+20	+14	+172	1
Bergspitze	+23	—47	+ 56	1
Lacus Mort. B.	+23	+43	+ 14	2
Nicolai A.....	+24	—42	+ 95	1
Plinius A	+27	+16	— 91	2
Jansen	+28	+13	+107	2
Baily A.......	+30	+49	+ 18	2
MareTransqu.A	+38	+10	+172	1
Macrobius a...	+40	+20	— 91	2
Fabricius K...	+42	—46	+ 28	1
Anonymus	+45	—53	— 22	1
Tralles A	+47	+27	— 33	1
Taruntius A...	+50	+ 7	+ 1	1

Obwohl die so erhaltenen Erhöhungen und Vertiefungen der Krater in Bezug auf ein kugelförmiges Normalniveau oft mehr von den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern abhängen, als sie der Wirklichkeit entsprechen, so erkennt man doch deutlich, dass zweifellos ganze Gebiete der Mondoberfläche, besonders an der Nordseite und im Nordostquadranten, wo sich die meisten »Meere« und der Oceanus procellarum befinden, eine zusammenhängende Depression unter das Normalniveau bilden, während anderseits die Südseite und besonders der stark gebirgige Südostquadrant sich merklich über das Normalniveau erheben.«

Prof. Franz hat nach den gefundenen Zahlenwerten eine farbige Höhenschichtenkarte für das Durchschnittsniveau des Mondes mit Isohypsen von 70 zu 70 Einheiten entworfen (Tafel I), die schon dadurch von Interesse erscheint, dass sie die erste ihrer Art ist und zugleich zeigt, auf welche Weise man dahin kommen kann, ein förmliches Nivellement des Mondes nach Analogie der geodätischen Nivellements auszuführen. Diese Abbildung enthält nahe der Mitte der Mondscheibe Verbesserungen gegen die in Bd. 38 der Königsberger Beobachtungen veröffentlichte Figur.

Die Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1900. Prof. H. Kreutz hat, ähnlich wie in frühern Jahren, auch für dieses Jahr eine Zusammenstellung derselben gegeben,[1]) der folgendes entnommen ist.

Holmesscher Komet 1899 II. Perrine auf der Lichsternwarte hat den lichtschwachen Kometen noch bis 1900 Jan. 20 verfolgen können, so dass die gesamte Beobachtungszeit sich auf $7^1/_3$ Monate erstreckt.

Komet 1900 I, entdeckt 1900 Jan. 31 von Giacobini in Nizza in 3^h AR und —8° Dekl. als eine schwache Nebelmasse 11. Grösse, die in der von der Sonne abgewandten Richtung einen Schweifansatz von $1^1/_2{}'$ Länge zeigte. Der Durchmesser der Nebelmasse betrug ca. 1′; in der Mitte zeigte sich ein Kern 13. Grösse, der mitunter doppelt zu sein schien. Der Komet stand noch drei Monate von seinem Perihel entfernt; gegen Ende März verschwand er in den Sonnenstrahlen, wurde aber nach dem Perihel Ende Mai wieder aufgefunden und konnte noch längere Zeit hindurch in günstiger Stellung am Himmel beobachtet werden. Perrine auf der Lickseternwarte stellte am 23. März die letzte Beobachtung vor dem Perihel und am 25. Mai die erste Beobachtung nach demselben an. Die Beobachtungen schliessen mit einer Ortsbestimmung desselben Beobachters am 22. Juli. Der Komet ist zu allen Zeiten ein schwaches Objekt geblieben und hat auch sonst keine bemerkenswerten Eigentümlichkeiten dargeboten.

---

[1]) Vierteljahrsschr. d. Astron. Gesellschaft 1901. 36. p. 62.

A. Berberich hat aus drei Beobachtungen, Febr. 3, 17, 22, die folgende Bahn abgeleitet, welche zur Verfolgung für die ganze Beobachtungszeit ausgereicht hat.

$$\begin{aligned} T &= 1900 \text{ April } 28.94314 \text{ M. Z. Berlin} \\ \omega &= 24^\circ\ 21'\ 27.1'' \\ \Omega &= 40\ \ 22\ \ 30.9 \quad 1900.0 \\ i &= 146\ \ 27\ \ 9.8 \\ \log q &= 0.124458 \end{aligned}$$

Komet 1900 II wurde in den Morgenstunden des 23. Juli 1900 von Borrelly in Marseille und von Brooks in Geneva N. Y. in 3^h AR und + 12° Dekl. aufgefunden. Der Komet stand an der Grenze der Sichtbarkeit mit blossem Auge; in der Mitte der Nebelhülle von 1′ bis 2′ Durchmesser zeigte sich ein sternähnlicher Kern 9.—10. Grösse, der am 24. Juli auf der Lickstemwarte als doppelt erkannt, anderwärts aber und an den nächsten Tagen auch auf Mount Hamilton nur verlängert gesehen wurde. Ein 10—12′ langer Schweif war vorhanden; auf einer von Palmer auf der Licksternwarte am 25. Juli aufgenommenen Photographie konnte derselbe bis zu einer Länge von 6° verfolgt werden. Bemerkenswert ist noch, dass Brooks am 26. Juli um 13^h zwei Seitenschweife, die symmetrisch zum Hauptschweife lagen und mit ihm einen Winkel von 30° bildeten, erkennen konnte. Nach zwei Stunden waren sie verschwunden und sind auch später nicht wieder gesehen worden. Periheldurchgang, Aug. 3, und Erdnähe, Juli 31, fanden eine Woche nach der Entdeckung statt, so dass der Komet zunächst noch seine ursprüngliche Helligkeit beibehielt. Später verblasste derselbe auffallend rasch; am 11. August besass er nur noch die Helligkeit eines Sternes $9^1/_2$ter Grösse mit einem scharfen runden Kerne 11. Grösse und war Mitte Oktober bereits bis auf die 11.—12. Grössenklasse herabgesunken. Spätere Angaben über die Helligkeit liegen noch nicht vor. Die Stellung am Himmel war für die Beobachter auf der Nordhalbkugel ausserordentlich günstig, indem der Komet immer mehr in nördlichere Deklinationen hinaufstieg. Am 25. Aug. stand er nur mehr 4° vom Pole entfernt, ging dann wieder nach Süden, um gegen Ende Oktober bei einer Deklination von + 66° abermals nach Norden aufzusteigen. Wie weit die Beobachtungen sich erstreckt haben, ist zur Zeit noch nicht bekannt; von den veröffentlichten Ortsbestimmungen ist die am 25. Oktober auf der Sternwarte in Bordeaux angestellte die letzte gewesen.

Die folgenden Elemente sind von Dr. A. Scheller und A. Wedemeyer aus drei Beobachtungen, Juli 24, 31 und August 7, abgeleitet worden.

$$\begin{aligned} T &= 1900 \text{ Aug. } 3.23651 \text{ M. Z. Berlin} \\ \omega &= 12^\circ\ 25'\ 34.8'' \\ \Omega &= 328\ \ 0\ \ 26.2 \quad 1900.0 \\ i &= 62\ \ 30\ \ 44.0 \\ \log q &= 0.006383 \end{aligned}$$

Komet 1900 III (Giacobini), entdeckt von Giacobini in Nizza am 20. Dezember 1900 in 23^h AR und —22° Dekl. Die Helligkeit war gering, 10.—11. Grösse; der Durchmesser der Nebelhülle, in deren Mitte ein sternähnlicher Kern 12. Grösse stand, betrug 1'. Da der Periheldurchgang schon nahe einen Monat verstrichen war, und auch die Entfernung von der Erde zunahm, wurde der Komet bald wesentlich schwächer, so dass er Mitte Januar in mittlern Fernrohren nur noch mit Schwierigkeit beobachtet werden konnte. Ob der Komet zur Zeit noch sichtbar ist, ist mir nicht bekannt.

Die von H. Kreutz aus drei Beobachtungen Dez. 24, 28, und Jan. 14, abgeleiteten provisorischen Elemente lauten:

Epoche 1901 Jan. 14.5 M. Z. Berlin

$$
\begin{aligned}
M &= 6^\circ\ 45'\ 47.0'' \\
\omega &= 171\ \ 29\ \ 10.6 \\
\Omega &= 196\ \ 32\ \ 33.8 \quad \left.\right\} 1901.0 \\
i &= 29\ \ 52\ \ 16.9 \\
\mu &= 47\ \ 52\ \ 35.5 \\
\varphi &= 515.914'' \\
\log a &= 0.558287 \\
T &= 1900 \text{ Nov. } 28.308 \text{ M. Z. Berlin} \\
U &= 6.88 \text{ Jahre.}
\end{aligned}
$$

Der Komet gehört zu der Klasse der Kometen mit kurzer Umlaufszeit und zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Wolfschen Kometen und dem Kometen 1892 V. Anderseits ist auch eine Ähnlichkeit mit der Bahn des Kometen 1857 IV, für den A. Möller eine Umlaufszeit von 235 Jahren abgeleitet hat, unverkennbar.

Nicht aufgefunden sind im Jahre 1900 die Kometen 1894 IV (E. Swift-de-Vico), 1884 II (Barnard) und Brorsen. Bei dem erstgenannten Kometen ist die Nichtauffindung durch die ungünstige Gestaltung der Bahn, welche derselbe seit 1894 durch Jupiter erlitten hat, völlig erklärbar; der Komet wird zunächst als verloren betrachtet werden müssen. Beim Kometen 1884 II (Barnard) war die theoretische Lichtschwäche in dieser Erscheinung so gering, dass in Verbindung mit der Unsicherheit der Bahn die Auffindung von vornherein als unwahrscheinlich anzusehen war. Dagegen hätte der Brorsensche Komet im Winter 1900—1901, ebenso wie 1889—1890, unbedingt gefunden werden müssen, wenn er noch vorhanden wäre oder wenigstens auch nur annähernd die Helligkeit der frühern Erscheinungen beibehalten hätte. Es wird sich kaum lohnen, die zukünftigen Erscheinungen desselben noch im voraus zu berechnen.

Das System der Kometen 1843 I, 1880 I und 1882 II.

Schon seit einer Reihe von Jahren beschäftigt sich Professor H. Kreutz in Kiel mit einer möglichst erschöpfenden Untersuchung über die Bahnen der oben genannten Kometen und deren etwaige Beziehungen zu einander. Die frühern Ergebnisse, zu welchen Prof. Kreutz gekommen, wurden bereits an dieser Stelle behandelt nunmehr hat er auch den Schluss seiner bezüglichen

Untersuchungen publiziert [1]) und dieser Abhandlung noch einige Untersuchungen beigefügt über andere Kometen, bei denen die Möglichkeit, dass sie eine ähnliche Bahn beschrieben haben, vorliegt. Da es sich um eine erschöpfende Untersuchung handelt, welche den Gegenstand auf absehbare Zeit zum Abschluss bringt, muss an diesem Orte etwas näher darauf eingegangen werden.

Der Komet 1843 I. Prof. Kreutz giebt zunächst eine Übersicht über die Sichtbarkeitsverhältnisse desselben. Der Komet ist mit Sicherheit zuerst in den Tagesstunden des 28. Februar, einen Tag nach dem Periheldurchgange, in einer Entfernung von mehrern Graden von der Sonne wahrgenommen worden. »In Europa ist wegen der fast allgemein herrschenden Bewölkung die Sichtbarkeit leider auf wenige Orte Nord- und Mittelitaliens beschränkt geblieben. Wenn gegen die direkten Sonnenstrahlen hinter einer Mauer Schutz gesucht wurde, konnte der Komet bequem mit blossem Auge südöstlich von der Sonne als weisse Wolke, deren hellster Teil gegen die Sonne gerichtet war, erkannt werden. Allgemein ist die Sichtbarkeit am 28. Februar in Nordamerika gewesen. Besonders aus den Staaten Neu-Englands sind zahlreiche Berichte eingelaufen, die Zeugnis ablegen von dem grossen Aufsehen, welches der Komet an allen Orten erregt hat. Die Beschreibung, welche ein Beobachter in Woodstock, Vt., vom Aussehen des Kometen in einem dreifüssigen Fernrohre giebt, erinnert lebhaft an die Zeichnung, welche Gill am Kap der guten Hoffnung vom Kometen 1882 II am 18. Sept. 1882 anfertigte.

Nach dem Periheldurchgange ist der Komet mehrere Wochen hindurch am Abendhimmel eine glänzende Erscheinung gewesen. In den Tropen wurde der Schweif des Kometen allgemein am 2. März, an einigen Orten schon in den Abendstunden des 28. Februar und des 1. März, bemerkt, während der Kern sich noch unter dem Horizonte befand. Der letztere wurde erst, nachdem er sich genügend von der Sonne entfernt hatte, am 4. und 5. März sichtbar. Auf der Sternwarte am Kap ist der Komet vom 4. März an eifrig verfolgt worden; die dort angestellten, leider erst 1851 publizierten Beobachtungen bilden einen sehr wichtigen Beitrag zur Bahnbestimmung. Auf der Nordhalbkugel waren die Beobachtungsverhältnisse viel weniger günstig als auf der südlichen. Zudem herrschte speziell in Europa eine längere Periode trüben Wetters. die mit wenigen Ausnahmen — Franzini in Lissabon fand den Kometen schon am 8., Cooper in Nizza am 12. März — die Auffindung erst am 17. März gestattete. Auch zu dieser Zeit war der Schweif des Kometen noch ungewöhnlich lang, ca. 50°; im Gegensatze hierzu stand der unscheinbare. sich wenig durch Helligkeit auszeichnende Kopf, der, wie Bessel sich ausdrückt, den grössten Teil seiner Materie zur Bildung des glänzenden Schweifes verwandt zu haben schien. Auch erhob sich der Kopf, selbst unter den günstigsten Sichtbarkeitsverhältnissen, nur wenige Grade über den Horizont, so dass schon aus diesem Grunde die Ortsbestimmungen wesentlichen Unsicherheiten unterliegen mussten. Wie bei den meisten sonnennahen Kometen, die einen schwachen Kern zeigen, verblassten auch hier Kern und Schweif auffallend rasch; Ende März war der Komet noch ein ziemlich auffallendes Objekt, und schon am 15. April konnte im grossen Berliner Refraktor seine Existenz nur noch geahnt werden. Auch auf der südlichen Halbkugel schliessen mit Kap April 18 und 19 die Beobachtungen des Kometen.

Die Bahn des Kometen hat von Anfang an wegen der kleinen Periheldistanz ein ungewöhnliches Interesse erregt. Dazu kam noch, dass die Erscheinung des Kometen eine unverkennbare Ähnlichkeit mit der des Kometen 1668 zeigte, und dass schon sehr früh erkannt wurde, dass zur Darstellung

[1]) Astron. Abhandl. als Ergänzungsheft der Astron. Nachr. Herausgegeben von Prof. Dr. H. Kreutz. No. 1. Kiel 1901.

der rohen Beobachtungen des letztgenannten Kometen die Bahn von 1843 I vollständig genügte. Nachdem ferner Nikolai gezeigt hatte, dass die Beobachtungen des Kometen 1843 I von März 20—30 sich ebenso gut durch eine Ellipse von 175 Jahren wie durch eine Parabel darstellen liessen, fand die Voraussetzung der Identität beider Kometen immer mehr Anhänger. Nur dadurch wurde die Sache verwickelter, dass auch andere unvollkommen beobachtete Kometen aus dem Ende des 17. Jahrhunderts, wie 1689, 1695 und 1702 a, in ihrer Erscheinung ebenfalls Ähnlichkeiten mit 1843 I zeigten. Infolgedessen sind auch die Annahmen über die Umlaufszeit des Kometen 1843 I recht verschiedene gewesen. Mit Ausnahme aber von Boguslawski, der die Identität mit 1668 ganz fallen liess und, um 1695 und einige ältere Kometen, wie 1106 und — 371 mit 1843 I zu identifizieren, U = 147.9 a annahm, haben alle Berechner aus den 40 er Jahren die Identität mit 1668 festgehalten und ihren Rechnungen U = 175 a oder einen Teil dieser Umlaufszeit zu Grunde gelegt. Auf diese Weise sind die Umlaufszeiten U = 175 a (Nikolai u. a.), U = 35.1 a (Laugier und Mauvais), U = $21^7/_8$ a (Plantamour, Peirce) und U = 7 a (Cappocci) entstanden, je nachdem man nur den Kometen 1668 oder ausser diesem noch einen oder mehrere der oben genannten als vorangegangene Erscheinungen des Kometen 1843 I auffasste. Eine direkte Bestimmung der Exzentrizität erwies sich, da zunächst nur die Beobachtungen der nördlichen Halbkugel vorlagen, als ausgeschlossen; die dahin zielenden Versuche — Encke und Walker fanden eine Hyperbel, Gould eine Umlaufszeit von $189^1/_2$ a, Clausen gar eine von 6.36 a — sind nur als Rechnungsresultate aufzufassen.

Alle die soeben angeführten Rechnungen stützen sich nur auf einzelne Beobachtungen des Kometen; auch nehmen sie nur ganz vereinzelt auf die wichtigen Tagesbeobachtungen vom 28. Februar Rücksicht. Es war daher ein bedeutender Fortschritt, als J. S. Hubbard sieben Jahre nach der Erscheinung des Kometen eine definitive Bearbeitung der Bahn auf Grund des gesamten Beobachtungsmateriales unternahm. Noch während er mit seinen Rechnungen beschäftigt war, wurden die wichtigen Kap-Beobachtungen publiziert, so dass auch diese für den Charakter der Bahn eigentlich ausschlaggebende Reihe benutzt werden konnte. Hubbard hat seine Rechnungen in Vol. I und II des Astron. Journals veröffentlicht; es möge hier genügen, anzuführen, dass die Resultate in zwei Elementensystemen gipfeln, von denen das eine, mit VI bezeichnet, aus allen Beobachtungen das zweite, VII, nur aus den Tages- und den Fadenmikrometerbeobachtungen abgeleitet ist. Das letztere ist jedenfalls vorzuziehen, da bei dem erstern sämtliche Beobachtungen, auch die schlechtesten, mit gleichem Gewichte kritiklos benutzt worden sind. Die Darstellung der Elemente als Funktionen der Exzentrizität zeigte ferner die wichtige Thatsache, dass die Hypothese der Identität des Kometen 1843 I mit 1668 durch die Beobachtungen des erstern nicht unterstützt wird.

Mit der Untersuchung von Hubbard schien zunächst das Interesse am Kometen 1843 I ziemlich erschöpft zu sein; es lebte aber wieder auf, als im Jahre 1880 der Komet 1880 I erschien, der sowohl im Aussehen wie in seiner Bahn eine frappante Ähnlichkeit mit dem Kometen 1843 I zeigte. Die alten Versuche, für den Kometen 1843 I eine kurze Umlaufszeit anzunehmen, wurden von neuem wieder aufgenommen und sowohl Weiss in Wien wie Meyer in Genf glaubten, in den Beobachtungen des Jahres 1843, wenn auch nicht gerade eine Bestätigung, so doch keinen Widerspruch gegen eine Umsaufszeit von 37 Jahren finden zu können. Einmal aus diesem Grunde, sodann aber auch, weil das Beobachtungsmaterial des Kometen 1843 I eine erheblich bessere Ausnutzung, als wie ihm Hubbard zu teil werden liess, gestattet, entschloss sich Prof. Kreutz, die Untersuchungen über die Bahn dieses Kometen wieder aufzunehmen und sie unabhängig von den frühern Bearbeitungen durchzuführen. Seine Resultate

sind im wesentlichen eine Bestätigung der Untersuchungen Hubbards und führen wie diese zu einer Widerlegung der Annahme einer kurzen Umlaufszeit für den Kometen. Die Störungen durch die Planeten sind von ihm ausser Acht gelassen worden, da sie an sich sehr gering sind und während der kurzen Beobachtungszeit die Bahn des Kometen nur ganz unwesentlich haben ändern können.

Die definitiven Bahnelemente, zu denen Prof. Kreutz gelangte, sind:

Zeit des Perihels 1843 Februar 27.4481965 + 0.0012040
mittlere Zeit Berlin

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 82^\circ\ 38'\ 2.46'' \pm 216.1'' \\ \Omega &= 1\ \ 19\ \ 51.20 \pm 264.6 \\ i &= 144\ \ 20\ \ 4.25 \pm 32.7 \end{aligned}\right\} 1843.0$$

$$\log q = 7.7425105 \pm 0.0012730$$
$$e = 0.9999137 \pm 0.0000076$$
$$a = 64.033 \pm 5.886$$
Umlaufsdauer = 512.39 ± 70.75 Jahre.

Prof. Kreutz untersuchte nunmehr zunächst, ob der Komet doch möglicherweise mit dem Kometen 1880 I (dessen Umlaufsdauer zu 36.92 Jahren berechnet ist) identisch sein könne, indem er von einem Werte für die Umlaufszeit ausging, welcher durch die Möglichkeit der Identität mit diesem Kometen bedingt ist und die andern Bahnelemente in möglichst nahem Anschlusse an die Beobachtungen bestimmte. Es fand sich, dass die Beobachtungen nicht unter Annahme einer Umlaufszeit von 37 Jahren dargestellt werden können, und damit ist der strenge Beweis erbracht, dass der Komet 1880 I nicht mit jenem 1843 I identisch sein kann. Eine Prüfung auf etwaige Identität mit dem Kometen 1688 unter Annahme einer Umlaufsdauer von 175 Jahren ergab, dass auch an eine Identität mit diesem nicht gedacht werden kann. Dagegen zeigte die Untersuchung, dass die Annahme einer Umlaufszeit von 800 Jahren, also der nämlichen wie die des Kometen 1882 II, der auch sonst mit dem Kometen 1843 I sehr verwandte Bahnelemente besitzt, die Beobachtungen gut darstellt. Die Möglichkeit, dass beide Kometen eine gleiche Umlaufszeit besitzen, ist daher nicht von der Hand zu weisen. Eine parabolische Bahn des Kometen 1843 I stellt dagegen die Beobachtungen nicht genügend dar. Die Ergebnisse fasst Prof. Kreutz dahin zusammen, dass die Grenzen der Umlaufszeit zwar grösser sind, als der wahrscheinliche Fehler anzeigt, dass aber einerseits eine Identität mit dem Kometen 1668 (oder gar mit 1880 I) und anderseits eine parabolische Bahn als ausgeschlossen angesehen werden muss. Dagegen bleibt die Möglichkeit bestehen, dass der Komet eine gleiche Umlaufszeit wie 1882 II besitzt, und dass die Ähnlichkeit beider Kometen sich mithin auch auf dieses Element erstreckt. Selbstverständlich ist hierbei zu berücksichtigen, dass die Beobachtungen, aus denen die Bahn des Kometen abgeleitet ist, sämtlich nach dem Perihel liegen. Ob man die so gefundene Bahn auch für diejenige halten will, mit der der Komet in das Sonnensystem eingetreten ist, hängt also wesentlich davon ab, ob man die Möglichkeit einer Störung im Perihel leugnen oder annehmen will. Im letztern Falle würde man, wenn man nicht ganz in der Luft schwebende Hypothesen machen wollte, vor allem an eine durch den Widerstand in der Sonnenatmosphäre herbeigeführte Verminderung der enormen Perihelgeschwindigkeit zu denken haben, welche eine Verminderung der Umlaufszeit zur Folge hätte haben müssen. Wäre der Komet 1843 I schon vor dem Perihel beobachtet worden, so würde die Entscheidung dieser wichtigen Frage viel leichter als bei dem Kometen 1882 II gewesen sein, da hier eine nachweisbare Teilung des Kometenkernes nicht stattgefunden hat, man also auch über die Identifizierung des vor

und nach dem Perihel beobachteten Kernpunktes nicht im Zweifel hätte sein können.

Komet 1880 I. Derselbe wurde zuerst am 1. Februar abends in Montevideo gesehen, vielmehr sein Schweif, der eine Länge von 30 bis 40° zeigte. Der Kopf war damals und an den beiden folgenden Tagen noch in den Sonnenstrahlen verborgen. Schon die ersten, für den Kometen abgeleiteten provisorischen Bahnelemente zeigten eine so frappante Ähnlichkeit mit denen des Kometen 1843 I, dass die Vermutung der Identität beider Himmelskörper nahe liegen musste, zumal auch in der äussern Erscheinung beide Kometen unverkennbare Ähnlichkeiten zeigten. »Man erinnerte sich zugleich der frühern Versuche, den Kometen 1843 I mit ältern Kometen zu identifizieren, übersah aber vielfach dabei den Umstand, dass die Hubbardschen Elemente die zur Identität erforderliche Umlaufszeit von 36.9 Jahren nicht gestatteten.«

Der erste, der diese Frage eingehender behandelte, ist Gould[1]) gewesen. Von der Voraussetzung ausgehend, dass die Übereinstimmung der Elemente die Identität der beiden Kometen 1843 I und 1880 I ausser Frage stelle, sucht er den Einspruch, den die Hubbardschen Elemente dagegen erheben, dadurch zu entkräften, dass er beim Kometen 1843 I ein Nichtzusammenfallen des beobachteten mit dem Schwerpunkte für möglich hält. Durch diese Annahme würden sich die sonst ganz unzulässigen Fehler erklären lassen, die die auf eine Umlaufszeit von 36.9 Jahren umgerechneten Hubbardschen Elemente in den Beobachtungen übrig lassen. Frühere Erscheinungen des Kometen sieht Gould in den Kometen 1668 und 1702 a. Die Verbindung derselben mit 1843 I und 1880 I würde als successive Umlaufszeiten ergeben: 34 Jahre minus einige Tage, $35^1/_4$ Jahre und 36 Jahre 11 Monate, so dass eine allmähliche Vergrössernng der Umlaufszeit stattgefunden hätte. Die Unsichtbarkeit des Kometen zwischen 1702 und 1843 würde sich durch die ungünstige Bahnlage des Kometen erklären lassen. Für die Identität der Kometen 1843 I und 1880 I ist weiterhin Prof. E. Weiss eingetreten.[2]) Weiss leitete zunächst aus drei Beobachtungen des Kometen 1843 I, von März 5, 25 und April 19, eine elliptische Bahn unter Voraussetzung einer Umlaufszeit von 36.9 Jahren ab. Er glaubte zeigen zu können, dass diese Bahn in der mittlern Beobachtung nicht gerade unzulässige Fehler übrig lässt und mit passender Annahme der Perihelzeit auch die Beobachtungen des Kometen 1880 I wenigstens so weit darstellt, dass an einer Identität beider Kometen nicht mehr gezweifelt werden könne. Weiss geht ferner auf die frühern Erscheinungen des Kometen ein und zeigte zunächst, dass die von Boguslawski für den Kometen 1843 I gefundene Periode von 147 Jahren 4 Monaten genau das Vierfache der Umlaufszeit von 36.9 Jahren ist. Die von Boguslawski als frühere Erscheinungen des Kometen 1843 I aufgeführten 16 Kometen würden also auch hier passen, wenngleich Prof. Weiss zugiebt, dass bei den meisten derselben die Angaben viel zu ungenau sind, um sie ohne weiteres mit den sonnennahen Kometen identifizieren zu können.

»In einer Abhandlung: »Über die Kometenerscheinungen von 371 v. Chr., 1668, 1843 I und 1880 I« (Göttingen 1880), stellte W. Klinkerfues die Behauptung auf, dass jeder folgende der genannten vier Kometen die unmittelbare Wiederkehr des vorhergehenden sei. Zur Erklärung der hierbei supponierten Verkürzung der Umlaufszeit von 2039 auf 175 und weiter auf 37 Jahre nimmt er einen Widerstand im jedesmaligen Perihel an, und in der That braucht man für letztern nur eine äusserst minimale Grösse vorauszusetzen, um die gewünschte Verkürzung herbeizuführen. Es ist daher nicht zu leugnen, dass diese Hypothese viel Bestechendes an sich

[1]) Astron. Nachr. No. 2308.
[2]) Astron. Nachr. No. 2308; Sitzb. d. Wiener Akad., Sitzung v. 10. Juni 1880.

hat; leider fällt sie aber dadurch ins Wasser, dass die Beobachtungen des Jahres 1843 nicht, wie Klinkerfues behauptet, durch eine Bahn mit einer Umlaufszeit von 37 Jahren dargestellt werden können. Unter Zugrundelegung einer gleichen Geschwindigkeitsabnahme würde die Umlaufszeit des Kometen nach dem Periheldurchgange im Jahre 1880 auf 17 Jahre 6 Monate gesunken sein, eine Zahl, die, wie von Rebeur-Paschwitz gezeigt hat, sich noch soeben mit den Beobachtungen von 1880 verträgt.«

W. Meyer leitete unter Voraussetzung einer Umlaufszeit von 37 Jahren eine Bahn ab, die sich den Beobachtungen des Kometen 1880 I möglichst anschliesst. »Die übrig bleibenden Fehler sind in der That nicht so gross, dass man eine so kurze Umlaufszeit als unmöglich ansehen könnte. Wenn aber weiter Meyer, nachdem er die Elemente als Funktionen der Exzentrizität dargestellt hat, zeigen will, dass ohne eine beträchtliche Erhöhung des mittlern Fehlers die Umlaufszeit nur zwischen 31.5 und 47.7 Jahren variieren kann, kommt er entschieden zu einem falschen Resultate. Die Unrichtigkeit dieser Behauptung lässt sich, auch ohne die Meyerschen Rechnungen näher zu prüfen, schon daraus erkennen, dass auch eine Parabel zur Darstellung der Beobachtungen genügt, dass man also die Umlaufszeit bis zur Unendlichkeit vergrössern kann, ohne mit den Beobachtungen in Widerspruch zu geraten.

Eine wesentlich andere Ansicht als die bisher genannten Astronomen vertritt von Oppolzer.[1]) Nachdem er vergebens versucht hat, den Einspruch, den die Beobachtungen des Kometen 1843 I gegen eine Umlaufszeit von 37 Jahren erheben, durch Einführung von Widerstandskräften, ähnlich wie beim Enckeschen Kometen, zu beseitigen, kommt er zu dem Schlusse, dass trotz der Ähnlichkeit der Elemente die Identität der Kometen 1843 I und 1880 I keineswegs als erwiesen beachtet werden könne.

Endlich erwähnt Prof. Kreutz noch einen Vortrag, den F. Deichmüller über die Kometenerscheinungen des Jahres 1880 in der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde im Februar 1881 gehalten hat, und der in den Sitzungsberichten dieser Gesellschaft zum Abdrucke gelangt ist. Deichmüller schliesst sich hier völlig der Meinung Oppolzers an und spricht die Ansicht aus, dass wir in den beiden Kometen 1843 I und 1880 I ein System vor uns haben, das, ursprünglich ein Körper, durch Einflüsse, wie sie in der Sonnenatmosphäre wahrscheinlich sind, geteilt worden sei.

»Zwei und ein halb Jahre nach dem Kometen 1880 I erschien der grosse Septemberkomet 1882 II, der eine ähnliche Bahn wie der erstgenannte beschrieb, bei dem aber von vornherein eine Identität mit diesem oder mit 1843 I ausgeschlossen war. Es war natürlich, dass nunmehr das wertvollste Argument für die Identität der Kometen 1843 I und 1880 I, nämlich die frappante Ähnlichkeit der Elemente, sehr an Gewicht verlieren, und die Ansicht, dass wir es thatsächlich mit zwei verschiedenen Kometen zu thun haben, in den Vordergrund treten musste.»

Prof. Kreutz hat nunmehr die Frage auch bezüglich des Kometen 1880 I zur endgültigen Entscheidung gebracht. Als definitive Bahn dieses Kometen findet er folgende Parabel:

Zeit des Perihels 1880 Januar 27.6554108
mittlere Zeit Berlin

$$\left.\begin{array}{rrrr} \omega = & 86^\circ & 14' & 34.0'' \\ \Omega = & 6 & 5 & 48.5 \\ i = & 144 & 39 & 4.5 \end{array}\right\} \text{M. Äqu. 1880.0}$$

$\log. q = 7.7399177$

Die weitere Untersuchung zeigte, dass unter Annahme einer Umlaufsdauer von 36.8 Jahren die Beobachtungen nicht so gut dargestellt werden

[1]) Astron. Nachr. No. 2319.

als durch eine Parabel, und auch bei Annahme einer Umlaufsdauer von 800 Jahren können die Bahnebenen der Kometen 1880 I und 1843 I nicht als identisch angesehen werden.

Komet 1887 I. Dieser ausschliesslich auf der Südhalbkugel sichtbar gewesene Komet wurde zuerst am 18. Jan., sieben Tage nach dem Durchgange durch das Perihel, von einem Farmer in Blauwberg bei Capetown und von Thome in Cordoba gesehen. Derselbe bot die merkwürdige Erscheinung eines blassen, langen, schmalen Lichtstreifens von 35 — 40° Länge dar, der in seiner ganzen Ausdehnung vollständig gleichmässig hell war. Nahe dem der Sonne zugewandten Ende des Lichtstreifens war weder ein Kopf, noch irgend eine Kondensation zu bemerken. Thome vergleicht das Aussehen mit dem des Kometen 1880 I, wenn bei dem letztern der etwas mehr als 1′ grosse Kopf durch eine 30 mal grössere blasse Nebelmasse ersetzt wird. Bemerkenswert ist ferner, dass die Sichtbarkeitsdauer sich auf wenige Tage beschränkt hat, und dass der Komet in den Fernrohren früher unsichtbar wurde als mit blossem Auge. Die letzte Beobachtung ist schon am 30. Januar von Tebbutt in Windsor angestellt worden; am 1. Februar war vom Kometen keine Spur mehr zu erkennen. »Zufolge des eigentümlichen Aussehens des Kometen konnte von genauen Messungen nicht die Rede sein. Am Kap verfolgte man den Lichtstreifen so weit abwärts, wie er im Sucher des 6-zolligen Äquatoreals zu sehen war, und las dann die Kreise des Instrumentes ab. In ähnlicher Weise verliefen die Beobachtungen auf den andern Sternwarten. Thome in Cordoba giebt direkt die Örter der Sterne, die am äussersten Ende des Lichtstreifens standen, als Örter des Kopfes des Kometen an.« Schon die ersten genäherten Elemente von Finlay liessen die Ähnlichkeit der Bahn mit der der Kometen 1843 I, 1880 I und 1882 II deutlich hervortreten. Später hat sich H. Oppenheim mit der Bahn des Kometen beschäftigt und genauere Elemente veröffentlicht.

Prof. Kreutz findet als definitive Bahn dieses Kometen eine Parabel mit folgenden Elementen:

Zeit des Perihels 1887 Jan. 11.16865 m. Zeit Berlin

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 58^\circ\ 21.1' \\ \Omega &= 324\ \ 37.7 \\ i &= 128\ \ 27.9 \end{aligned}\right\}\ 1887.0$$

$$\log q = 7.98521$$

Nachdem es nun als feststehend angesehen werden muss, dass die hier betrachteten sonnennahen Kometen in voneinander verschiedenen Bahnebenen einherlaufen, ist es von Wichtigkeit, die gegenseitigen Beziehungen der letztern aufzustellen, da sich aus ihnen möglicherweise Schlüsse auf den gemeinsamen Ursprung der Kometen ziehen lassen. Diese Untersuchung hat Prof. Kreutz durchgeführt.

Der Komet 1887 I muss wegen der grossen Unsicherheit seiner Bahnelemente ausser Betracht bleiben. Prof. Kreutz beschränkte danach seine Untersuchungen auf die Kometen 1843 I, 1880 I und 1882 II. Er findet bezüglich des erstern und letztern, dass die Schnittlinie der Bahnebenen mit den beiden grossen Axen der Kometenbahnen zusammenfällt. Da nun ferner die Periheldistanzen nahezu gleich sind — unter der Annahme, dass die beiden Kometen gleichzeitig im Perihel sind, ergiebt sich ihre gegenseitige Entfernung nur zu 0.00221 — so lässt sich kaum die Vermutung von der Hand weisen, dass beide Kometen Stücke eines Hauptkometen sind, und dass die Trennung zu irgend einer frühern Zeit im Perihel vor sich gegangen ist.

Bezüglich der Kometen 1843 I und 1880 I findet auch ein näherungsweises Zusammenfallen der Schnittlinie mit den beiden grossen Axen statt, und die gegenseitige Entfernung der Perihelien ist innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Rechnung gleich Null.

Bezüglich des Kometen 1880 I und 1882 II bleibt die angeführte Thatsache auch bestehen. Die gegenseitige Entfernung der Perihelien beträgt 0.002 23; doch ist hier wie oben zu bemerken, dass alle Resultate, in welche Komet 1880 I eingeht, wegen der Ungenauigkeit der Elemente relativ unsicher sind und wesentlich von der Annahme über die Umlaufszeit beeinflusst werden.

Der Komet 1680 hat trotz aller Verschiedenheit der sonstigen Elemente insofern eine gewisse Ähnlichkeit mit den hier beobachteten sonnennahen Kometen, als er dieselbe kleine Periheldistanz besitzt. Nach den Untersuchungen von Encke lautet die auf 1880.0 reduzierte Bahn des Kometen:

Zeit des Perihels 1680 Dez. 17.9941 m. Z. Paris

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 350^\circ\ 37.8' \\ \Omega &= 274\ \ 57.8 \\ i &= \ \ 60\ \ 40.6 \end{aligned}\right\}\ \text{M. Äqu. 1880.0}$$

$$\log q = 7.793\,96.$$

Es hat nun Interesse, auch die Beziehungen dieses Kometen zu den obigen zu untersuchen.

Prof. Kreutz findet, dass die Bahnebenen beider Kometen sich in der gleichen Entfernung von der Sonne kreuzen, und also diese Kometen wahrscheinlich trotz der Verschiedenheit ihrer Bahnelemente Teile eines Urkometen sind. Allerdings müsse dann die Trennung in eine weit zurückliegende Vergangenheit gelegt werden, da der Komet 1680 eine Umlaufszeit besitzt, die sich rechnungsmässig zu 8814 Jahren ergiebt und keinesfalls geringer als zu 2000 Jahren angenommen werden könne.

Auch bezüglich der Kometen 1680 und 1843 I findet Prof. Kreutz, dass die gegenseitige Entfernung beider Punkte der Schnittlinien ihrer Bahnen genügend klein ist, um einen ehemaligen Zusammenhang beider Kometen als möglich anzunehmen.

Der Sonnenfinsternis-Komet 1882 Mai 16. An diesem Tage wurde in Sohag (Ägypten) während der totalen Finsternis der Sonne ein Komet in den Koronastrahlen entdeckt, ohne dass derselbe jedoch später wieder gefunden werden konnte. Prof. Kreutz hat nun untersucht, ob dieser Komet etwa in der Bahn eines der obigen sonnennahen Kometen einherging. Für eine Bahn gleich der des Kometen 1882 II findet sich keine Bestätigung, dagegen erhielt Prof. Kreutz mit der Bahn des Kometen 1843 I ein besseres Resultat. Dieselbe stellt die Position des Sohag-Kometen fast innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler dar, so dass mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, dass der Komet in einer dem Komet 1843 I identischen Bahn einhergelaufen ist.

Der Sonnenfinsternis-Komet 1893 April 16. J. M. Schaeberle machte zuerst Mitteilung von einem Kometen, der während der Sonnenfinsternis 1893 April 16 nach photographischen Aufnahmen in der Korona sichtbar gewesen ist. Zuerst ist derselbe von Schaeberle auf den Platten der Expedition, welche die Lickstemwarte nach Mina Bronces in Chile gesandt hatte, entdeckt worden, später konnte er auch auf den Platten der englischen Expeditionen in Brasilien und Afrika konstatiert werden. Die Zwischenzeit zwischen den verschiedenen Aufnahmen hat es ermöglicht, auch die Bewegung des Kometen innerhalb der Zeit von $2^h\ 35^m$ zu bestimmen. Auf den englischen Platten ist der Komet sehr schwach, während er auf den amerikanischen sehr deutlich zu erkennen war. Dies, sowie der Umstand, dass der Komet sich von der Sonne weg bewegt hat, scheint mit Sicherheit darauf hinzudeuten, dass derselbe zu den sonnennahen Kometen gehört, und dass der Durchgang durch das Perihel nicht lange vor der ersten Aufnahme stattgefunden hat.

Prof. Kreutz hat sich auch mit Rechnungen über diese Kometen beschäftigt und findet unter gewissen Annahmen rechnerisch zwei verschiedene Bahnen, bei denen sich nicht streng sicher entscheiden lässt, welches Elementsystem das wahrscheinlichere ist. Auf jeden Fall aber folgt aus diesen Rechnungen, dass der in Rede stehende Komet nicht der Gruppe der Kometen mit sehr kleinen Perihelabständen, welche durch 1843 I und 1892 II charakterisiert sind, zuzurechnen ist.

Der Komet Pogson 1872 Dez. 2. Dieser wurde infolge einer Aufforderung von Klinkerfues, in der Nähe von ϑ Centauri nach dem Bielaschen Kometen zu suchen, von Pogson in Madras aufgefunden. Leider konnte der Entdecker den Kometen nur noch am folgenden Tage, den 3. Dezember, beobachten, so dass das vorhandene Material zu einer selbständigen Bahnbestimmung nicht hinreicht. Die Frage, ob der Komet thatsächlich mit dem Bielaschen Kometen zusammenhängt, oder ob er eine davon gänzlich unabhängige Bahn beschrieben hat, ist auch heute noch nicht als völlig gelöst zu betrachten.

Die Kometen 1668, 1689, 1695 und 1702a. Von 1668 bis 1702 sind vier Kometen sichtbar geworden, welche sowohl in ihrem Laufe am Himmelsgewölbe wie in ihrer ganzen Erscheinung unverkennbare Ähnlichkeit mit den sonnennahen Kometen 1843 I und 1882 II zeigen. Alle vier zeichneten sich durch enorme Schweifenentwickelung bei einem verhältnismässig unscheinbaren Kerne aus; auch ist ebenso wie beim Kometen 1843 I bei keinem die Sichtbarkeitsdauer wegen rasch abnehmender Helligkeit eine lange gewesen. Die Ähnlichkeit der Kometen 1668 und 1702a, welche zudem in derselben Jahreszeit in derselben Himmelsgegend standen, bewog schon D. Cassini im Jahre 1702, die Identität beider zu behaupten. Die Frage der Identität ist nun allerdings, nachdem es sich herausgestellt hat, dass für den Kometen 1843 I eine Umlaufszeit von 175 Jahren und weniger unzulässig ist, hinfällig geworden; es bleibt aber die immerhin wichtige Frage bestehen, ob nicht doch die vier Kometen eine Bahn beschrieben haben, die denen der Kometen 1843 I und 1880 I ähnlich ist, so dass dieselben also gewissermassen als Vorläufer dieser Gruppe zu betrachten wären.

Prof. Kreutz hat nun Untersuchungen angestellt, welche die Lösung dieser Fragen herbeiführen. Er findet, dass der Komet von 1668 in der Bahnebene des Kometen 1843 I einhergelaufen ist, und dass auch die übrigen Elemente des letztern bei passender Annahme der Perihelzeit den Beobachtungen von 1668 wenigstens nicht widersprechen. Dagegen genügen nicht zur Darstellung der Beobachtungen die Elemente des Kometen 1882 II.

Bezüglich des Kometen 1689 ergab sich, dass derselbe mit Sicherheit nicht in der Bahn des Kometen 1843 I und mit einiger Wahrscheinlichkeit auch nicht in der Bahn von 1882 II einhergelaufen ist.

Für den Kometen 1695 lässt sich, wegen des dürftigen Beobachtungsmateriales überhaupt, eine sichere Bestimmung der Bahn nicht ausführen. Dagegen findet Prof. Kreutz, dass die Beobachtungen des Kometen 1702a durch die Bahnen der hier betrachteten sonnennahen Kometen dargestellt werden können, und dass insbesondere die Bahn des Kometen 1882 II diejenige ist, welche am besten den vorhandenen Bedingungen genügt.

Schliesslich hat Prof. Kreutz auch noch die Angaben über einige ältere Kometen geprüft, die möglicherweise in der Bahn der Kometen 1843 I und 1882 II einhergehen konnten. Es sind dies die Kometen 371 v. Chr. (Aristoteles-Komet), 224 v. Chr., 76 v. Chr., 72 v. Chr., 220, 368, 663, 958, 1106, 1253, 1401 und 1548. Er kommt zu dem Ergebnisse, dass man bei keinem einzigen der hier besprochenen Kometen auch nur mit einiger Wahrscheinlichkeit behaupten kann, dass er in der Bahn der Kometen 1843 I und 1882 II einhergelaufen wäre.

Die Bahn des Kometen 1897 I. Eine definitive Bahnbestimmung dieses Kometen hat Dr. Johannes Möller unternommen.[1] Dieser Komet wurde am 2. November 1896 von dem Assistenten der Lickstermwarte, C. D. Perrine, entdeckt. Er erschien zuerst als kleine, runde, schwache Nebelmasse, ohne jede Spur eines Schweifes, mit einem deutlich ausgeprägten Kerne, der jedoch weniger ein sternartiges Zentrum, als eine verschwommene, allmählich in die Nebelhülle übergehende Lichtverdichtung gewesen zu sein scheint. Zur Schweifbildung scheint es, solange der Komet beobachtbar war, nicht gekommen zu sein, und wenn je ein solcher existierte, so ist er sicher sehr schwach gewesen. Nur die Beobachter in Oxford glauben, einmal einen äusserst schwachen, fächerförmigen Schweif gesehen zu haben, der sich von der Koma aus nach Norden hin erstreckte, während die Sonne südwestlich vom Kometen stand, und der viel schwächer war, als die Koma. Der Lichtknoten in der runden Nebelmasse hob sich gut ab, so dass im allgemeinen sichere mikrometrische Einstellungen, wenigstens vor dem Perihel, möglich waren. Ob aus den Bemerkungen der Oxforder Beobachter, dass der Kern nicht am 4. November, wohl aber am 5. November sternartig gewesen sei, der Schluss auf eine rasche physische Veränderung gestattet ist, dürfte zweifelhaft sein. Der Durchmesser der runden Koma wurde zwischen $1^1/_2$ und 2 Bogenminuten, die Helligkeit des Kernes durchschnittlich als 12. Grösse geschätzt. Die Gesamthelligkeit des Kometen, dessen Beobachtungen in der ersten Hälfte des November und des Dezember durch Mondschein beeinträchtigt wurden, scheint im Laufe der ersten, bis zum 31. Dezember reichenden Beobachtungsperiode etwas zugenommen zu haben. Der Kern, der nicht genau in der Mitte, sondern im nördlich vorangehenden Teile der Koma stand, hat sich im Laufe der Zeit vielleicht etwas auseinander gezogen. So bemerkt Herr v. Engelhardt in Dresden, dass am 29. November kein eigentlicher Kern, sondern mehrere helle Pünktchen, die dem Kometen ein granuliertes Aussehen gegeben hätten, den optischen Schwerpunkt des Kometen gebildet hätten, und in der zweiten, mit dem 23. Februar beginnenden Beobachtungsperiode bemerkt ein Beobachter in Rio de Janeiro, dass am 3. März kein ausgeprägter Kern vorhanden gewesen sei. Auch sind alle Beobachter dieser Periode darin einig, dass der Komet stets ein schwierig zu beobachtendes Objekt gewesen sei, obwohl die Helligkeit nur wenig geringer gewesen zu sein scheint, als vor dem Perihel, eine Erscheinung, die nur durch das Fehlen eines gut definierten Kernes erklärt werden kann. So kann es nicht Wunder nehmen, dass diese Beobachtungen nach dem Perihel,

---

[1]) Astron. Abhandlgn. als Ergänzungsheft der Astron. Nachr. No. 2, Kiel 1901.

die wegen der grossen südlichen Deklination des Kometen nur auf der Südhalbkugel angestellt werden konnten, erheblich schlechter unter einander übereinstimmen, als die vor dem Perihel angestellten, und dementsprechend die Südsternwarten bei der vorliegenden Berechnung im allgemeinen mit geringerem Gewichte bedacht werden mussten, als die Sternwarten der Nordhalbkugel, die den Kometen unter wesentlich günstigern Bedingungen beobachten konnten. Am 5. Mai wurde der Komet zum letzten Male gesehen, und zwar auf der Sternwarte in Rio de Janeiro.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen über das allgemeine Aussehen des Kometen geht Dr. Möller auf die Bahnbestimmung desselben ein. Als Ausgangspunkt seiner Neuberechnung legt er die von C. J. Merfield veröffentlichten Bahnelemente des Kometen zu Grunde und berechnet daraus für die Dauer der Sichtbarkeit eine Ephemeride, sowie die scheinbare Helligkeit des Kometen. Diese letztere ist mit der theoretischen nicht übereinstimmend, aber auch eine empirische Helligkeitsformel lässt sich aus dem geringen Beobachtungsmateriale nicht ableiten. Im ganzen scheint es, dass der Komet nach dem Perihel stets etwas schwächer war als vor demselben und sehr schwach gerade Mitte April, wo er der Theorie nach ein Maximum seiner Helligkeit erreichen sollte. Dr. Möller geht nun zu einer Darlegung der scheinbaren Position der Vergleichssterne über, prüft dann die über den Komet vorliegenden Beobachtungen und bestimmt deren Gewichte, worauf er die Zusammenstellung der Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von der Ephemeride giebt. Diese Abweichungen sind zum Teile sehr beträchtlich, weshalb Dr. Möller neuere, genauere Bahnelemente berechnete und dann die Störungen ermittelte, welche der Komet während seiner Sichtbarkeit von den Planeten unseres Sonnensystems erlitt. Von diesen Störungen sind übrigens nur diejenigen seitens der Planeten Jupiter und Saturn merklich. Unter Berücksichtigung desselben fand sich schliesslich folgende wahrscheinlichste Bahn des Kometen.

$$
\begin{aligned}
T &= 1897 \text{ Februar } 8.140779 \pm 0.0008454 \\
\omega &= 127^\circ\ 18'\ 59.49'' \pm 3.216'' \\
\Omega &= 86\ \ 28\ \ 30.64 \pm 2.237 \quad \Big\}\ 1897.0 \\
i &= 146\ \ 8\ \ 14.55 \pm 0.913 \\
q &= 1.0627823 \\
e &= 1.0009265 \pm 0.0000341
\end{aligned}
$$

Der Komet bietet hiernach das seltene Beispiel einer ausgesprochen hyperbolischen Bahn. Wenn auch hyperbolische Elemente schon häufig gefunden worden sind, so darf man in den meisten Fällen doch das Wachsen der Exzentrizität über den Wert Eins als Rechnungsresultat auffassen. Die einzigen Kometen, deren Bahnen während ihrer Sichtbarkeitsperiode durch elliptische oder parabolische

Elemente sicher nicht darstellbar sind, sind die in der folgenden Tabelle zusammengestellten.

Comet	(m. Z. Berlin)	e
1844 III	1844 Dez. 13.71198	1.000353
1886 II	1886 Mai 3.32404	1.000229
1889 I	1889 Jan. 31.20908	1.001086
1890 II	1890 Juni 1.57024	1.000410
1892 II	1892 Mai 11.26193	1.000345
1897 I	1897 Febr. 8.14078	1.000927
1898 VII	1898 Sept. 14.08987	1.000754
1899 I	1899 April 13.01493	1.000394

Bei allen diesen Kometen lassen parabolische Elemente ganz unzulässige Fehler in den Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung übrig.

Aus der Tabelle ersieht man, sagt Dr. Möller, dass die Exzentrizität des Kometen 1897 I von der Eins stärker abweicht, als die aller andern, mit Ausnahme des Kometen 1889 I, dessen Exzentrizität noch um 0.000159 grösser ist. Wenn diese stark hyperbolischen Elemente schon beim Eintritte des Kometen in das Sonnensystem Gültigkeit besessen hätten, so würden wir nach den bekannten Untersuchungen von Gauss, Seeliger und v. Niessl auf einen stellaren Ursprung des Kometen schliessen dürfen. Jedoch führen die Untersuchungen, die bisher an andern Kometen über ihre Bahnform vom Eintritte in das Sonnensystem bis zu ihrer Entdeckung angestellt worden sind, zu einer Konvergenz der Exzentrizität gegen Eins oder gar zu einem Übergange in elliptische Elemente. So geht bei dem Kometen 1890 II die Exzentrizität der auf den Schwerpunkt der Sonne und der Planeten bezogenen Bahn in der Zeit von der Entdeckung an bis $3^1/_2$ Jahre rückwärts von 1.00138 auf 1.00015 herunter, ein Beweis dafür, dass dieser Komet nicht ursprünglich eine hyperbolische Bahn beschrieben hat. Da die Verhältnisse für alle hyperbolischen Kometen vielleicht ähnlich liegen, so behält sich Verfasser vor, die Störungen, die der Komet 1897 I vor seiner Entdeckung erlitten hat, zu berechnen, um die Bahn zu finden, mit der er in das Sonnensystem eingetreten ist.

Sternschnuppen und Meteoriten.

Ein Verzeichnis der Feuerkugeln und Meteoritenfälle in den einzelnen Tagen bekannter Sternschnuppenströme hat H. Bornitz gegeben.[1]) Es ist das reichhaltigste dieser Art, weshalb es nachstehend folgt.

A. Sternschnuppen-Ströme.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	Anzahl der detonierenden Meteore	Anzahl der Meteoriten-Fälle	Anzahl der beschweiften Meteore
Januar 2 u. 3[2])	2.	46	8	3	17

Schweifdauer in Minuten: 1755 Irland = 16, 1810 Genf = 15, 1897 Stockholm = länger als 15, 1898 Stuttgart = 8.

Meteoritenfälle: 1856 Tuam, Irland (Staub und Stein aus Meteor), 1891 Alta, Jowa, 1893 Valladolid, Span. (detonierende Feuerkugel mit Erschütterung u. vermutl. Meteor.-Falle).

	3.	22	1	2	3

Schweifdauer in Minuten: 1883 ungemein glänzendes, weit sichtbares Meteor, Cincinnati = 30.

Meteoritenfälle: 1877 Warrenton, Missouri, 1879 Michigan, N.-A.

Februar 3—7[3])	3.	26	5	4	9

Meteoritenfälle: 1860 San Giuliano, Ital., 1873 Liverpool (grosse detonierende Feuerkugel mit vermutl. Meteor.-Fall), 1882 Mocs, Siebenbürgen (mit Erschütterung), 1890 Antifona di Collescipoli, Terni.

	4.	12	3	1	—

Meteoritenfälle: 1886 Höhenzug bei Thanax-kahesi, O. von den Dardanellen.

	5.	15	—	1	6

Meteoritenfälle: 1886 S. von Thanax-kahesi.

	6.	21	2	—	1

Sonstige Feuerkugeln: 1818 an verschiedenen Orten Englands mit Erschütterung.

Februar	7.	28	6	—	5

Schweifdauer in Minuten: 1862 Iglau, Mähren, = 10.

Sonstige Feuerkugeln: 1812 Pittsburg, N.-A. (deton. Feuerkugel mit Erschütterung).

18—20[4])	18.	19	4	4	5

Meteoritenfälle: 1647 (28.) Pölau bei Zwickau, 1815 Loodianah b. Dooralla (Ostindien). 1824 Tounkin b. Irkutsk, 1880 Toké uchi mura, Japan.

	19.	19	4	4	4

Meteoritenfälle: 1785 Wittmess b. Eichstädt, 1796 St. Michele de Mechede, Portugal, 1884 Pirthalla, Ostindien, 1899 Klötzenplane der Bretschneide b. Friedeberg.

	20.	20	8	—	5

Schweifdauer in Minuten: 1879 Henryville, N.-A., = 1'.

[1]) Gaea 1901. p. 334.
[2]) Nach Heis, Denning, Greg, Torv. Köhl u. s. w.
[3]) Greg. Nach Heis, viele Meteore aus dem Grossen Bären und Nordpole kommend.
[4]) nach Greg.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	Anzahl der detonierenden Meteore	Anzahl der Meteoriten-Fälle	Anzahl der beschweiften Meteore
März 1—4[1])	1.	19	2	2	3

Meteoritenfälle: 1810 Raleigk, 1868 Casala, Ital. (mit mächtiger Detonation).
Sonstige Feuerkugeln: 1899 Gr. Schliewitz (detonierende Feuerkugel mit Erschütterung des Bodens).

	2.	14	2	—	3
	3.	19	4	—	5
	4.	19	7	3	5

Schweifdauer in Minuten: 1861 Victoria, Neuholland, = 15—20, 1896 England (kometenartiges Meteor zu Oxford) = 16.
Meteoritenfälle: 1863 detonier. Feuerkugel von Mondgrösse in Westdeutschland, Holland, Belgien, Frankreich, England mit vermutl. Meteor.-Falle, 1875 Sitathali, Ostindien, 1888 bei Schwachenwalde.

März 12—14[2])	12.	27	4	3	6

Meteoritenfälle: 1811 Kuleschowka, Russland (drei Explosionen), 1859 Castillon, Gironde, 1898 Stensbölle Förde b. Borga, Finnland (mit fürchterlicher Explosion, Gebäude erzitterten).

	13.	14	2	1	4

Meteoritenfälle: 1731 Halstead, England.

	14.	15	2	2	2

Meteoritenfälle: 1813 Cutra, Calabrien (unter Detonation, Staub u. Steine), 1881 Middlesborough, England.

April 18—22[3])	18.	19	1	2	1

Meteoritenfälle: 1838 Akburpoor, Ostindien, 1893 (28?) Jafferabad, Ostindien.

	19.	21	2	1	9

Schweifdauer in Minuten: 1729 Genf = 7—8.
Meteoritenfälle: 1808 Borgo San Domino bei Parma.

	20.	28	—	2	6

Schweifdauer in Minuten: 1895 Bridgewater = 5′.
Meteoritenfälle: 1810 Tocavilla b. Neugranada, 1876 Rowton b. Wellington (Eisenmeteorit bei heftiger Explosion).

	21.	18	4	1	9

Meteoritenfälle: 1887 Fall in die Braunau bei Weidhofen.

	22.	13	1	2	9

Meteoritenfälle: 1871 Sidney, Neuholland, 1885 Fogelsta, Österl. Schwed.
Sonstige Feuerkugeln: 1865 Krächen, Wallis. (deton. Feuerkugel mit erdbebenartiger Erschütterung).

April 29—Mai 6[4])	29.	18	—	3	4

Schweifdauer in Minuten: 1763 Paris (kometenartiges Meteor) = 14, 1877 Lulea, Schweden (Kometoid nach Nordenskiöld, eins der grössten deton. Meteore, mit Erschütterung, Rauchschweif) = 120.
Meteoritenfälle: 1819 Massa Lubrense bei Neapel, 1844 Killer, Irland (musikartige [?] Detonation), 1896 Meerenge von Gibraltar.

[1]) Nach Newton. [2]) Nach Torvald Köhl. [3]) Lyraiden. [4]) Aquariden.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	Anzahl der detonierenden Meteore	Anzahl der Meteoriten-Fälle	Anzahl der beschweiften Meteore
	30.	12	5	1	1
Meteoritenfälle: 1899 Aussig a. E. (schwarze Steine während eines Gewitters). Sonstige Feuerkugeln: 1762 Sojefta, Angermanland (grosses deton. Meteor mit Bodenerschütterung). 1851 Kurrachee, Ostindien (glänz. Meteor, platzte mit gew. Ersch.).					
	Mai 1.	14	1	1	4
Meteoritenfälle: 1860 New-Conord, Ohio.					
	2.	11	1:	1	2
Schweifdauer in Minuten: 1819 Aberdeen, Schottland (ungeheure Explosion, anfangs Rauch zurücklassend, welcher in eine weisse Wolke überging), 1890 Winnebago, Jowa (kometenartige Erscheinung) = 15. Sonstige Feuerkugeln: 1823 Embleton, England (kometenartige Erscheinung).					
	3.	14	—	—	4
	4.	20	4	2	5
Schweifdauer in Minuten: 1892 Nordatlant. Ozean = 3′. Meteoritenfälle: 1865 Vernicourt (Brand), 1873 Proschwitz.					
	5.	8	2	1	3
Meteoritenfälle: 1869 Krähenberg b. Zweibrücken.					
	6.	10	1	—	1
Mai 16—20[1])	16.	16	1	2	2
Meteoritenfälle: 1646 Kopenhagen, 1872 Manzanila to Panâmâ.					
	17.	18	—	6	2
Schweifdauer in Minuten: 1861 Melbourne, Neuholland = 1′. Meteoritenfälle: 1791 Berasdenga b. Siena, 1806 Basingstocke, Engl., 1830 North Inch of Perth, 1855 Igast, Lievland, 1877 Hungen, Hessen, 1879 Gnadenfrei, Schles.					
	18.	15	—	2	1
Meteoritenfälle: 1698 Hinterschwende, Bern., 1897 Berlin (angeblich).					
	19.	18	1	3	1
Meteoritenfälle: 1826 Paulowgrad, Russl., 1858 Kakowa, Banat., 1897 Katzenhütte, Thür.					
	20.	12	2	4	4
Meteoritenfälle: 1848 Castine, N.-A., 1869 Moriches, Long-Island, 1874 Virba b. Widdin, 1884 Midt-Vaage, Norwegen.					
Juni 4—7	4.	15.	1	4	2
Schweifdauer in Minuten: 1822 Angers = 15″ Meteoritenfälle: 1822 Angers, Frankreich, 1828 Richmond, Virginien, 1842 Aumières, Frankr., 1890 Kakangarei, Ostindien.					
	5.	12	3	1	5
Meteoritenfälle: 1722 Schefflar, Bayern.					
	6.	14	4	1	2
Meteoritenfälle: 1838 Chanda-Kapoor, Ostindien.					
	7.	22	6	3	6
Schweifdauer in Minuten: 1750 Norwich (deton. Feuerkugel, weisse Wölkchen blieben zurück), 1834 Philadelphia = 15, 1869 Göttingen u. Emden = 23.					

[1]) Nach von Boguslawsky (um den 18.).

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Feuerkugeln überhaupt	Anzahl der detonierenden Meteore	Anzahl der Meteoriten-Fälle	Anzahl der beschweiften Meteore

Meteoritenfälle: 1712 Wo? nach H. Fritz, 1855 St. Denis Westram b. Gent, 1879 Luganer See.
Sonstige Feuerkugeln: 1866 Siedeburg, Hannover (detonier., kometenartige Feuerkugel mit langem, feurigem Schweife).

Juli 26–30[1]	26.	26	—	2	7

Meteoritenfälle: 1843 Manegaon, Ostindien, 1857 Locust Grove, N.-Carolina.

	27.	33	1	1	18

Schweifdauer in Minuten: 1865 Athen = 15', 1894 Californien = 20'.
Meteoritenfälle: 1894 Sawtschinsk, Cherson, Russland.

	28.	28	1	—	12

Schweifdauer in Minuten: 1798 England (schwarze Wolke) = 30, 1862 Bellinzona 15.

	29.	35	4	1	13

Schweifdauer in Minuten: 1861 Kephissa = 8', 1891 Hjörring, Dänemark. = 12'.
Meteoritenfälle: 1854 Gera.
Sonstige Feuerkugeln: 1778 Frankreich (deton. Feuerkugel zersprang mit Erschütterung des Bodens).

	30.	34	6	1	13

Schweifdauer in Minuten: 1840 Wien = 15, 1856 Paris = 1.
Meteoritenfälle: 1894 Insel Monu, Dänemark.
Sonstige Feuerkugeln: 1892 Rügenwalde (detonier. Feuerkugel von Mondgrösse, weithin sichtbar, Klirren der Fenster).

August 6–12[2]	6.	41	1	2	19

Schweifdauer in Minuten: 1822 Paris = 5', 1850 Marburg (sehr lange sichtbar), 1880 Louisville = 5', 1890 Atlant. Ozean = 37'.
Meteoritenfälle: 1650 Dortrecht, Holland 1820 Ovelgönne. Holland (Brand).

	7.	41	5	2	15

Meteoritenfälle: 1822 Kadonah, Ostindien, 1823 Nobleborough, Maine.
Sonstige Feuerkugeln: 1787 New-Hampshire (aus einer Wolke vernahm man eine gewaltige Detonation), 1843 Reine, Westf. (eine sehr glänzende, deton. Feuerkugel [Meteor.-Fall?]) 1878 Westfalen (kometenart. Meteor).

	8.	32	1	1	17

Schweifdauer in Minuten: 1882 New-London (Wolke) = 3.
Meteoritenfälle: 1863 Ankona, Nordlievland (zunächst drei donnerartige Detonationen, dann ein trommelart. Getöse oder Lärm, endlich ein Pfeifen und Zischen gehört).
Sonstige Feuerkugeln: 1778 England (detonier. Feuerkugel mit Erschütterung), 1892 Tschicherzig (kometenartiges Meteor mit Erschütterung).

	9.	64	2	—	33

Schweifdauer in Minuten: 1812 Vendée (nachdem dunkle Wolke zurücklassend), 1853 Olmütz = 30'. 1859 Athen = 2 1/2', 1859 Athen = 2'20'', 1893 Prag = 10' (kometenartig), 1894 Dux = 1' (unbewegl. Erscheinung).
Sonstige Feuerkugeln: 1888 Zürich (Detonation mit Erschütterung), 1889 Wien (kometenartiges Meteor).

[1]) Hervorragender Strom nach Jul. Schmidt u. Heis. [2]) Perseïden.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	Anzahl der detonierenden Meteore	Anzahl der Meteoriten-Fälle	Anzahl der beschweiften Meteore
	10.	117	6	5	53

Schweifdauer in Minuten: 1840 Aachen = 1'30'', 1847 Paris = 9, 1863 Krakau = 5, 1868 Athen = 18, 1868 Krakau (Änd.), mehrere Minuten, 1864 Athen = 16, 1894 Deutschland = 5.
Meteoritenfälle: 1810 Mooresfort, Irland, 1818 Stobodka, Russl., 1846 Dowa, Irland, 1885 Grazac, Frankreich (Brand), 1898 Bei Kiel.
Sonstige Feuerkugeln: 1800 England (kometenartiges Meteor), 1839 Wo? (Detonat. mit Erschütterung).

	11.	89	6	2	41

Schweifdauer in Minuten: 1847 Papenburg = 1 1/2, 1859 Athen = 3 1/2, 1863 Krakau = 5, 1867 Gösdonk = 5, 1880 Fredericia = 3, 1898 Rom = 5.
Meteoritenfälle: 1859 Bethlehem, N.-A. (ungeheures Krachen und Erschütterung des Bodens), 1863 Dacca, Ostindien.
Sonstige Feuerkugeln: 1824 Toskana (deton. Feuerkugel, explodierte erdbebenartig).

August 12	12.	64	7	3	26

Schweifdauer in Minuten: 1876 Peckeloh, Westf., mehrere Minuten, 1883 Savanna, N.-A., = 10, 1898 Paris = 20, 1899 Bristol = 20.
Meteoritenfälle: 1848 Lysabilds b. Düppelburg, 1865 Dundrum, Irland, 1890 Waidmannsruh b. Plauen.

Sept. 26.—29[1])	26.	20	1	2	8

Schweifdauer in Minuten: 1829 Düsseldorf (kometenart. Meteor) = 13.
Meteoritenfälle: 1873 Santa Barbara, Brasilien, 1885 Pittsburg, N.-A.

	27.	17	4	1	9

Schweifdauer in Minuten: 1862 (27?) Neapel, mehrere Minuten, 1870 Eutin = 10', 1870 Witten a. Ruhr = 15'.
Meteoritenfälle: 1825 Honolulu, Sandwich-Inseln.

	28.	16	4	1	7

Schweifdauer in Minuten: 1877 Flensburg = 75.
Meteoritenfälle: 1891 Guča, Čačat, Serbien.

	29.	21	1	—	3
Okt. 16.—18[2])	16.	23	1	—	9

Schweifdauer in Minuten: 1879 Leipzig = 16, 1897 Ottersdorf = 5.

	17.	34	9	1	10

Schweifdauer in Minuten: 1846 Hanau = 8, 1854 Hamburg (Schweifwölkchen längere Zeit).
Meteoritenfälle: 1827 Knasti-Knasti, Bialistock, Russland.
Sonstige Feuerkugeln: 1900 Menzen, Württemberg (Erschütterung, sturmähnliches Getöse).

	18.	24	2	2	4

Schweifdauer in Minuten: 1814 Leipzig, mehrere Minuten, 1874 München (kometenartiges Meteor = 3, 1881 Mobile = 10.
Meteoritenfälle; 1738 Carpentras b. Avignon, 1854 (18?) Tabarz, Thür.

[1]) Nach Torvald Köhl. [2]) Orioniden.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der			
		Feuerkugeln überhaupt	detonierenden Meteore	Meteoriten-Fälle	beschweiften Meteore
Okt. 23.—25 [1])	23.	28	8	2	13

Schweifdauer in Minuten: 1805 Düsseldorf = 20, 1891 Mittelatlant. Ozean = 30, 1893 Nordatlant. Ozean = 35.

Meteoritenfälle: 1801 Colchester (Brand), 1887 Pola und Meteor.-Fall mit Schweifdauer = 40′.

Sonstige Feuerkugeln: 1881 Frankreich (kometenart. Meteor).

	24.	20	3	—	7

Schweifdauer in Minuten: 1845 Bonn = 4, 1872 Steiermark (lang anhaltender feuriger Schweif), 1875 Klixbüll = 45.

	25.	20	3	2	10

Meteoritenfälle: 1740 Hassargard, Rumelien (drei Donnerschläge mit Erzittern des Bodens), 1887 Than, Tonkin (Meteor prallte ab und fiel in das Meer).

Nov. 12.—16 [2])	12.	54	4	5	11

Meteoritenfälle: 1612 Nanking, 1761 Chamblon, Frankreich (Feuersbrunst), 1820 Sterlitomansk, Russland, 1843 Werchne Tschirskaga, Russland, 1856 Trenzano, Italien.

Sonstige Feuerkugeln: 1740 Dijon (Getöse mit Erschütterung), 1820 Potsdam (Meteor und merkwürdige Beleuchtung der Atmosphäre).

November	13.	78	4	4	28

Schweifdauer in Minuten: 1819 Haiti, Westindien = 18, 1833 Ohio = 15, 1833 New-York = 12, 1833 New-Haven = 15, 1849 Rostock = 15, 1858 Köln = 5—10, 1868 bei Berlin = 2.

Meteoritenfälle: 1835 Belmond (Brand), 1842 (Dat.?) Pas de Calais (grosses Getöse), 1849 Tripolis (Fensterklirren), 1872 Scilly-Inseln.

Sonstige Feuerkugeln: 1830 N. of Spain (Feuerk. warf grosse Funken, ungeheurer Schweif), 1832 Köln (kometenartiges Meteor).

	14.	187	6	1	71

Schweifdauer in Minuten: 1832 Bruneck, Tyrol (Wolke) = 15, 1835 Cap = 20, 1836 Österreich = 5, 1836 Athen (kometenart. Meteor) = 5, verschiedene in Athen: 1863 = 14, 1863 = 1′ 10″, 1863 = 4, 1863 = 13, 1863 = 11, 1865 Leyden = 26, 1866 England = 3, 1866 Glasgow = 20, 1866 daselbst = 17, 1866 Athen = 53, 1866 Berlin und Nauen (lange sichtb. Schweif), 1866 Greenwich = 20, 1866 Brüssel = 1, 1866 London (leuchtender Schweif sehr lange sichtbar), 1867 Pointe-à-Pitre = einige Minuten, 1868 Rom (Wolke) = 5, 1868 Rom = 10, 1868 Dudley = 15, 1868 Dudley = 40, 1868 Rom (eine andere) = 10, 1868 New-Haven = 41, 1869 Athen (Wolke) = 15, 1870 bei Berlin = 10, 1887 Sunderland = 9, 1895 Dewsburg = 10, Leipzig = 41.

Meteoritenfälle: 1856 Indisch. Meer bei der Insel Java.

Sonstige Feuerkugeln: 1838 Lamball (Meteor bei ungemeiner Helligkeit der Atmosphäre). 1867 Kertsch (kometenart. Meteor mit Getöse), 1868 New-Haven (das grösste Meteor, was bisher in Amerika beobachtet worden), 1869 Rom (unter dem Meteorschauer mehrere grosse Feuerkugeln zwischen 2^h 35′ und 3^h 15′ morgens ohne Schweife).

[1]) Nach von Boguslawsky, Heis. [2]) Leoniden.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	detonierenden Meteore	Meteoriten-Fälle	beschweiften Meteore
	15.	52	6	1	17

Schweifdauer in Minuten: 1891 New-York = 1, 1898 Boston = 9, 1898 Rom = 15.

Meteoridenfälle: 1859 Vermutl. Meteor.-Fall in das Wasser der Delawau-Bay, N.-A. (ungeheures Meteor, Detonation währte 60 Sekunden).

Sonstige Feuerkugeln: 1842 Langensalza (gewaltige Explosion), 1858 Kemps a. Donau (Meteor mit gewaltiger Explosion, Fenster klirrten und Gebäude erzitterten), 1860 New-Jersey, N.-A., $9^1/_2{}^h$ a. m. (überaus glänzende Feuerkugel, Detonation währte eine volle Minute), 1861 Jowa-City, 10^h 30 p. m. detonier. Feuerkugel grösser als Vollmond mit langem Schweife), 1868 Madrid kometenartiges Meteor, 1899 Abbazia kometenartiges Meteor).

	16.	29	3	—	11

Schweifdauer in Minuten: 1881 Luisville, N.-A. (mit Detonation) = 15′, 1881 Tennesee = 6′, 1898 Rom = 15′.

Nov. 23—28[1])	23.	31	6	1	9

Schweifdauer in Minuten: 1889 Sydney = 60.

Meteoritenfälle: 1810 Charsonville b. Orleans.

Sonstige Feuerkugeln: 1811 Panganur, Ostindien (Meteor.-Fall?).

	24.	22	3	1	9

Meteoritenfälle: 1804 Hacienda de Pocas, San Louis Potosi, Mexiko.

	25.	15	2	1	2

Schweifdauer in Minuten: 1889 Berkeley, N.-A. (lange Dauer eines Schweifes).

Meteoritenfälle: 1833 Blansko, Mähren.

	26.	14	7	1	2

Meteoritenfälle: 1874 Kerilis, Gôtes du Nord.

	27.	75	6	4	34

Schweifdauer in Minuten: 1755 Schweden (lang anhaltender Rauchschweif), 1872 Peckeloh = 7, 1872 daselbst = 10, 1872 Moncalieri = 21, 1872 Mauritius = 1, 1885 Westfalen = 10, 1885 England = 10, 1885 Edinburg = 10, 1885 Atlant. Meer = 15, 1885 Südatlant. Meer (kometenart. Meteor) = 16, 1885 Edinburg = 10, 1885 Prag = 2, 1885 Rote Erde = 20—30, 1885 Upsala = 6.

Metoritenfälle: 1687 Mont Voisin, 1868 Danville, Alabama, 1878 Dhulia, Ostindien, 1885 Mazapil, Mexiko.

Sonstige Feuerkugeln: 1829 La Rochelle und Rochefort (deton. Feuerkugel bei Erdbeben), 1862 Angermanland, Schweden (deton. Feuerkugel mit Erschütterung), 1878 Ebersdorf (am Tage bei trübem Himmel, Deton., Beben der Erde, Erschütterung der Häuser, von einem nicht sichtbaren Meteor).

	28.	16	1	1	2

Meteoritenfälle: 1810 Grosses Meteor fiel zwischen Cap Matapan und der Insel Gorigo in das Meer.

[1]) Bielaniden, Andromeden.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Feuerkugeln überhaupt	Anzahl der detonierenden Meteore	Anzahl der Meteoriten-Fälle	Anzahl der beschweiften Meteore

Sonstige Feuerkugeln: 1879 Syracuse, N.-A. (eine glänzende Feuerkugel mit gewaltiger Explosion).

Dezember 6—13[1]	6.	15	1	3	1

Meteoritenfälle: 1674 Näfels, Glarus, 1866 Elgueras, Oviedo, Spanien, 1885 Strada Fiorentino, Neapel (Erschütterung des Bodens).

Sonstige Feuerkugeln: 1637 Vola (Staubregen unter Detonation).

	7.	20	2	2	4

Meteoritenfälle: 1863 Touriennes la Grosse (kometenartiges Meteor mit donnerart. Getöse, dem zwei andere folgten), 1894 Buschany b. Dorpat.

	8.	31	5	2	9

Schweifdauer in Minuten: 1881 Herefort (nachher Wolke), 1847 Aachen = 1, 1893 Berlin = 1.

Meteoritenfälle: 1886 Zuz, Oberengadin, 1847 Foresthill, Arkansas.

	9.	31	5	1	13

Schweifdauer in Minuten: 1880 Aiken, Südcarolina = 20.

Meteoritenfälle: 1858 Montréjeau, Haute Garonne (Brand).

Sonstige Feuerkugeln: 1734 Regensburg (Explosion mit Erschütterung).

	10.	34	1	4	6

Schweifdauer in Minuten: 1855 Kopenhagen = 15.

Meteoritenfälle: 1744 Hizen, Japan, 1863 (14?) Jagly b. Trapezunt (gewaltige Detonat.) 1871 Bandony, Insel Java, 1872 Roda, Spanien.

	11.	57	6	3	18

Meteoritenfälle: 1836 Macao, Brasilien, 1864 (4?) Turanaki, Neuseeland (ungeheure Explosion, Schweifwolke war noch nach zwei Stunden sichtbar), 1875 Nemeha County (ein Farmer getötet).

Sonstige Feuerkugeln: 1741 Insel Wight (detonierende Feuerkugel mit Erschütterung), 1836 Küstrin (grosse Feuerkugel mit furchtbarem Geräusche), 1852 eine fast in ganz Deutschland und N.-Österreich gesehene glänzende, detonier. Feuerkugel, der drei kleinere kurz hintereinander folgten, 1858 Erlangen, Leipzig (kometenartiges Meteor), 1864 Norddeutschland (zwei grosse glänzende Feuerkugeln kurz hintereinander),

	12.	55	7	2	15

Schweifdauer in Minuten: 1869 Glasgow (lange Dauer eines Schweifes).

Meteoritenfälle: 1607 China, 1642 Zwischen Ofen u. Gran mit schrecklicher Explosion.

	13.	35	3	6	7

Meteoritenfälle: 1795 Wold Cottage, Engl., 1798 Krak-hut, Ostindien, 1808 Mässing, Bayern, 1818 Luotolaks, Finnland, 1884 Francois b. Chateau Richer, Quebeck, 1899 zwischen Boldenhagen u. Kröpelin, Mecklenburg,

Sonstige Feuerkugeln: Belley, deton. Feuerkugel mit Erschütterung.

---

[1]) Nach Arago, Jul. Schmidt, Denning, Heis, Torvald Köhl u. a.

B. Summierte Meteore der im Verzeichnisse A angegebenen Ströme mit Prozentangaben.

Zeiten der Ströme	Summierte Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	deton. Meteore	Meteor.-Fälle	beschweift. Meteore	Häufigkeit nach Prozenten Detonationen	Meteoriten	Schweife
Januar 2—8	68	9	5	20	13.2	7.4	29.4
Februar 3—7	102	16	6	21	15.7	5.9	20.1
Februar 18—20	58	11	8	14	19.0	13.8	24.1
März 1—4	71	15	5	16	21.1	7.0	22.5
März 12—14	56	8	6	12	14.3	10.7	21.4
April 18—22	99	8	8	34	8.1	8.1	34.3
April 29 bis Mai 6 . .	107	14	9	24	13.1	8.4	22.4
Mai 16—20	74	4	17	10	5.4	23.0	13.5
Juni 4—7	63	14	9	15	22.2	14.3	23.8
Juli 26—30	156	12	5	58	7.7	3.2	37.2
August 6—12	448	28	15	204	6,2	3.3	45.5
September 26—29 . .	74	10	4	27	13.5	5.4	36.5
Oktober 16—18	81	12	3	23	14.8	3.7	28.4
Oktober 23—25	68	9	4	30	13.2	5.9	44.1
November 12—16 . .	350	23	11	138	6.6	3.1	39.4
November 23—28 . .	173	25	9	58	14.4	5,2	33.5
Dezember 6—13 . . .	278	30	23	73	10.8	8.3	26.3

Der Mai-Strom in den Tagen des 16—20 weist einen verhältnismässig grossen Prozentsatz an Meteoritenfällen nach, während der an Meteoren sonst so reiche Leonidenstrom (November 12—16) einen recht geringen Satz ergiebt, wie denn überhaupt die Ströme der zweiten Jahreshälfte im Verhältnisse zu der grossen Zahl ihrer Feuerkugeln nicht reich an Meteoritenfällen sind.

Die Ströme der Perseïden (August) und der Leoniden (November 12—16) führen an detonierenden Meteoren nur den dritten Teil der im Februar (18—20) und der im März (1—4) beobachteten Fälle. Diese auch von Schmidt hervorgehobene Thatsache erklärt Prof. v. Niessl mit den tiefen Hemmungspunkten im Frühlingsäquinoktium. Wiederum bringen der Juni-Strom im Gegensatze zu den Schmidtschen Prozentzahlen in den Tagen des 4—7 die meisten, hingegen die Ströme des Mai (16—20) und des November (Leoniden = 12—16) die kleinste Anzahl detonierender Feuerkugeln, während man besonders von dem Mai-Strome das umgekehrte Ergebnis erwarten sollte.

Was nun die beschweiften Feuerkugeln anbetrifft, so stimmen zunächst wieder die Angaben über den Mai-Strom (16.—20.) mit der Schmidtschen Aufstellung insofern überein, als beide Übersichten in diesem Monate gleichmässig die kleinste Zahl des ganzen Jahres aufweisen. Hiergegen fällt die grosse Anzahl der beschweiften Feuerkugeln des August-Phänomens, insbesondere aber die überraschende Fülle der nicht so an Zahl, aber an glänzenden Feuer-

kugeln reichen Periode des Oktober (23—25) in den Prozentangaben (Verzeichnis B.) besonders ins Auge.

In Bezug auf die Mächtigkeit der Schweife und die lange Dauer ihrer Sichtbarkeit tritt neben dem August-Strome der Leonidenstrom vor allen andern hervor. Zeigen die Schweife der aus dem Perseus strahlenden Sternschnuppen mit ihrer charakteristischen gelblichen Färbung des Körpers und des langen schmalen Schweifes meist schon ein kurzes Nachleuchten, so muss die ungewöhnliche Dauer der Schweiferscheinung der im November eilig aus dem Löwen schiessenden Meteore, wie ein Blick auf die betreffende Übersichtsspalte (Verzeichnis A.) zeigt, geradezu verblüffen. Helle Sternschnuppen, die ja oft länger als eine Minute nachleuchten, wie auch jene grossen Meteore, deren feurige Schweife noch kürzere Zeit nach dem Verschwinden des Meteors zurückbleiben, konnten wegen ihrer grossen Menge in dieser Spalte nicht aufgeführt werden.

Vergleicht man in der Spalte »Dauer der Schweiferscheinung« den Mai-Strom (16—20) mit dem Leonidenstrome, so wird man den oben hinsichtlich der Zählung der beschweiften Meteore überhaupt hervorgehobenen Gegensatz bestätigt finden. War doch im Mai-Strome nur ein Fall eines nachleuchtenden Schweifes in der Dauer von einer Minute zu verzeichnen gewesen.

Mit diesen Thatsachen dürfte die Ansicht des Prof. v. Niessl im Einklang stehen, dass nämlich die weniger schnell der Erde nacheilenden, rechtläufigen Meteore im Frühlingsäquinoktium tiefer in die Atmosphäre gelangen. Ihr der Anziehungskraft der Erde verfallener Körper scheint langsamer erwärmt und dadurch vor der gänzlichen Zerteilung bewahrt zu werden. Eine geringe, bald erlöschende Schweifmasse hinter sich lassend, nimmt er die Oberfläche der Erde als nächst erreichbares Objekt zum Ziele. Die Leonidenmeteore dagegen ziehen, wie v. Niessl hervorhebt, zur Zeit des Herbstäquinoktiums mit grosser Schnelligkeit aus der Gegend des Apex gegen die Erde und finden schon in grossen Höhen ihre Auflösung. Es muss angenommen werden, dass durch die immense Schnelligkeit des Körpers und die trotz der dünnen Atmosphäre erfolgende starke Reibung alsbald ein schnelleres Erwärmen, bezw. Durchglühen des Meteors herbeigeführt wird, dass nun die vielen mehr und mehr absplitternden Teile des Körpers als einen grossen lange sichtbaren Schweif zurücklässt.

Feuerkugeln der südlichen Hemisphäre. H. Bornitz hat hierüber auch alles vorhandene Material gesammelt und veröffentlicht.[1]) Die Beobachtungen setzen mit dem grossen Meteore vom 14. Mai 1663 in Chile ein. Von diesem Tage ab sind im ganzen Feuerkugeln und Meteoriten gezählt im:

[1]) Sirius 1901. p. 125 ff.

Januar	19
Februar	11
März	16
April	15
Mai	17
Juni	19
zusammen	97
Juli	10
August	10
September	8
Oktober	9
November	24
Dezember	10
zusammen	71

In der zweiten Jahreshälfte weist nur der Monat November eine grössere Anzahl von Feuerkugeln auf, sonst überwiegt die Zahl der Feuerkugeln in der ersten Jahreshälfte. Seltsamerweise entfällt nur eine geringe Anzahl auf den Monat August.

Es dürfte von Interesse sein, diese Ergebnisse mit den Zählungen auf der nördlichen Hemisphäre gemachter Beobachtungen zu vergleichen.

Es wurden Feuerkugeln, resp. Meteoriten vom 14. Mai 1663 ab gesehen:

Im Monat	Hemisphäre	
	südliche	nördliche
Januar	19	564
Februar	11	454
März	16	463
April	15	422
Mai	17	409
Juni	19	422
Juli	10	595
August	10	992
September	8	601
Oktober	9	683
November	24	1026
Dezember	10	678

Vorstehende Übersicht zeigt vor allem recht deutlich, wie die Ergebnisse der beiden Jahreshälften auf der südlichen und auf der nördlichen Hemisphäre gerade im umgekehrten Verhältnisse zu einander stehen.

Nach Prozenten geordnet, stellen sich die Monate der südlichen zur nördlichen Hemisphäre wie folgt:

August	1.0	Februar	2.4
September	1.3	Januar	3.3
Oktober	1.4	März	3.4
Dezember	1.4	April	3.5
Juli	1.6	Mai	4.1
November	2.3	Juni	4.5

Diese Werte geben ein richtiges Bild und sprechen demnach für sich selbst.

Nach Prof. Heis' Zusammenstellung aus den Beobachtungen des Geh. Rat Neumayer zeigt sich ein Anschwellen der Sternschnuppenströme auf der südlichen Hemisphäre zwischen

Januar 28 und Februar 2
vom März 12—15
Mitte Mai,
Anfang Juni,
zwischen Juli 28 und August 2
vom August 5—7
Oktober 27
zwischen Dezember 18 und 25.

Nach Heis erscheint die Zeit vom 28. Juli bis 2. August die Epoche der Maximalfrequenz der Sternschnuppen zu sein.

Die Beobachtungen über den Sternschnuppenfall der Leoniden im November 1900 wurden von Prof. Janssen in Paris zusammengestellt. Auch diese weitern Nachrichten haben an der Thatsache nichts geändert, dass der erwartete Meteorfall auch diesmal beinahe gänzlich ausgeblieben ist. In Berlin, Moskau, Odessa, Strassburg, Brüssel, Rom, Madrid, Bordeaux, Toulouse, wo überall eifrig nach dem Sternbilde des Löwen in den Nächten vom 13. bis 17. November ausgeschaut wurde, ist die Beobachtung durch einen völlig bedeckten Himmel verhindert gewesen. In Lyon wurde trotz zeitweise schönen Wetters ebenfalls nichts von den Leoniden bemerkt. Auf der Sternwarte in Nizza sah man nur vereinzelte Meteore, in San José (Kalifornien) 20 Meteore auf die Stunde am 13. November. Die zum Zwecke der Beobachtung von Paris aufgelassenen Ballons haben ebensowenig etwas ausrichten können. Es lässt sich schon jetzt übersehen, dass die Erscheinung überall fast gleich Null gewesen ist, und es ergiebt sich daraus der Schluss, dass der Meteorschwarm, der in den Jahren 1799, 1833 und 1866 — im letztgenannten Jahre schon etwas abgeschwächt — einen grossartigen Sternschnuppenfall geliefert hat, seitdem derartige Störungen in seiner Bahn erlitten hat, dass er die Erdatmosphäre nicht mehr streift.

Das stimmt mit den Rechnungen von Dr. Stoney und Dr. Downing, gemäss welchen die Bahn der Leonidenmeteore die Ebene der Erdbahn gegenwärtig in einem Punkte schneidet, der 1600000 engl. Meilen näher der Sonne liegt als der nächste Punkt der Erdbahn. Schon Le Verrier hatte 1867 die Möglichkeit ins Auge gefasst, dass infolge einer durch planetarische Störungen verursachten Veränderung der Periheldistanz der Bahn dieses Meteorschwarmes, die Erscheinung des betreffenden Sternschnuppenfalles für die Erde plötzlich aufhören könnte, doch hielt er dieses zunächst nicht für sehr wahrscheinlich

Die Bahn des grossen Meteors vom 16. März 1900 ist von Prof. v. Niessl berechnet worden. Dasselbe wurde um 5 h 25 m Gr. Z., also noch vor Eintritt der Dunkelheit bemerkt, als es sich in einer Höhe von 192 *km* über der Gegend östlich von Kassel befand. Es zog dann in östlicher Richtung über Leipzig und Grossenhain in Sachsen, zwischen Sprottau und Liegnitz, dann über Trebnitz in Schlesien bis über die nördliche Umgebung von Widun in Polen, wo in einer Höhe von 34 *km* die Hemmung seines planetarischen Laufes erfolgte. Die Länge der gesehenen Bahn betrug nicht unter 529 *km*. Aus den an 28 Orten beobachteten, scheinbaren Bahnen wurde der Radiationspunkt in AR 5.8°, Dekl. + 13.4° gefunden; die geozentrische Geschwindigkeit ist aus 32 Dauerschätzungen zu 44 *km* und also die heliozentrische Geschwindigkeit = 59.7 *km* abgeleitet. Die Bahnform ergiebt sich als Hyperbel von der Halbaxe 0.5; die Länge des aufsteigenden Knotens war 350.7°, die Bahnneigung 8.8°, die Bewegung rechtläufig. Der Zusammenstoss mit der Erde erfolgte nach dem Periheldurchgange, und der betreffende Ast der Hyperbel war aus einem Punkte des Weltraumes in 355° Länge und 0,7° nördl. Breite gerichtet. Diese Elemente sind noch für verschiedene zulässige Voraussetzungen der Geschwindigkeit berechnet worden.

Der Meteorit von Allegan. Am 10. Juli 1900 fiel bei Allegan im Staate Michigan ein Meteorit nieder, dessen Hauptstück $31\,^1/_4$ *kg* schwer ist, während ein kleineres weniger als 2 *kg* wiegt und noch kleinere Stücke zersplitterten. Dieser Meteorit ist von Ward, Merill und Stokes[1]) auf seine petrographische und chemische Struktur untersucht worden. Dieselbe ergiebt sich als tuffartig, wie Ähnliches schon bei andern Meteorsteinen gefunden und von Tschermak hervorgehoben worden ist. Die ganze Struktur des Allegansteines kann nur erklärt werden, wenn man ihn als ein Agglomerat von Chondren in einer zertrümmerten Grundmasse auffasst, für welche das Material gewonnen wurde aus dem Zerreiben anderer Chondren. Wäre der Meteorit durch sehr schnelle Krystallisation entstanden, dann müssten die Chondren die ältesten und besten Krystalle besitzen, und die Grundmasse viel glasige Substanz enthalten; in Wirklichkeit verhält es sich aber umgekehrt, Glas kommt in den Chondren vor und fehlt in der Grundmasse. Die Rinde des Meteoriten zeigt auch, dass beim schnellen Krystallisieren dieser Masse sich nicht Sphärolite bilden, sondern Krystallite in einer glasigen Masse, ganz wie in irdischen Gesteinen. Die Chondren können wohl durch plötzliches Erstarren geschmolzener Magmatropfen entstanden sein, später aber wurden sie in Vulkanherden zerrieben, aber dann als feste Masse ausgeschleudert. Ihre Bildung ist somit eine tuffartige.

---

[1]) Proceedings Wash. Acad. of Sciences 1900. 2. p. 41.

Eine meteorstatistische Studie veröffentlicht A. G. Högbom.[1]) Für einige Meteoritenfälle, sagt er, hat man auch wahrscheinlich gemacht, dass sie aus bestimmten Sternschnuppenschwärmen, bezw. Kometen stammen, wie z. B. der Eisenmeteorit von Mazapil (27. Nov. 1885), welcher mit dem gleichzeitigen Sternschnuppenmaximum gleichen Radiationspunkt gehabt haben soll. Dies ist jedoch als eine seltene Ausnahme zu betrachten. In der Regel zeigt die Meteoritstatistik keine Steigerung der Meteoritenfälle um die Zeiten der Sternschnuppenmaxima; man sieht, wie im Gegenteile das am meisten ausgeprägte Minimum der erstern (Ende Oktober) mit einem Sternschnuppenmaximum zusammenfällt, und anderseits, wie Mitte Juni keines vorkommt, obgleich die Meteoritenfälle dann ihr absolutes Maximum erreichen. Es dürfte deshalb nicht berechtigt sein, ohne weiteres die Resultate, welche bezüglich der Sternschnuppen gewonnen sind, auf die Meteoritenfälle auszustrecken. Ebenso ist es wohl möglich, dass manche Meteorite nicht hyperbolische Bahnen gehabt haben, obgleich dies die Regel ist für die Boliden oder Feuermeteore. Wenn es wahrscheinlich ist, dass ein Körper, der mit kosmischer Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre hineinstürzt, leichter und vollständiger zerstäubt oder vergast wird, je schneller seine Bewegung und deshalb Erhitzung ist, so muss unter übrigens ähnlichen Verhältnissen die Aussicht für einen solchen Körper, zur Erdoberfläche als Steinmeteorit zu gelangen, kleiner sein, wenn er sich in einer hyperbolischen, als wenn er sich in einer elliptischen Bahn bewegt. Es ist deshalb zu erwarten, dass unter den Steinmeteoriten relativ häufigere Beispiele von elliptischen Bahnen als unter den Boliden vorkommen.

„Wenn die Meteorite, deren Falldata bekannt sind, in der Regel mit einer heliozentrischen Geschwindigkeit von mehr als 41.4 *km* pro Sekunde in die Atmosphäre hereingekommen wären und also hyperbolische Bahnen gehabt hätten, dann wäre eine Untersuchung über ihre Falldata ziemlich zwecklos. Die Meteorite wären dann ganz zufällige Erscheinungen, und es wäre kein Grund vorhanden, warum die eine Woche oder Tagesgruppe mehr Fälle als die andere haben sollte. Ihre Verteilung auf einer graphischen Tafel würde eine im ganzen gleichmässige Frequenz für alle Zeiten des Jahres haben oder nur solche Ungleichmässigkeiten zeigen, die durch verschiedene Beobachtungsmöglichkeiten erklärlich wären.

Wenn nun aber (wie ein Blick auf die dem Original beigegebene graphische Tafel lehrt) die Meteorite eine ziemlich ungleichmässige Verteilung auf die Tage des Jahres haben, so dass einige Tage oder Tagesgruppen mehrere Fälle aufzuweisen haben, während auf

---

[1]) Bull. of the Geolog. Institution of the University of Upsala Vol. 5, Patr. I. No. 9, p. 182. Upsala 1901.

naheliegende Tage und Tagesgruppen kein Fall kommt, so scheint Grund vorzuliegen die Frage aufstellen, ob nicht diese Ungleichmässigkeit mit einiger Wahrscheinlichkeit dadurch erklärt werden kann, dass manche an denselben oder naheliegenden Tagen stattgefundenen Fälle aus einem Meteoritenschwarme stammen, welcher mehrmals die Erdbahn gekreuzt habe, in welchem Falle diese Meteoritenschwärme dann elliptische Bahnen beschreiben müssen, ganz wie die Perseïden, Leoniden und andere rekurrente Sternschnuppenschwärme. Die Veranlassung zu einer Untersuchung hierüber gab dem Verfasser die zufällige Beobachtung, dass einige petrographisch wohl charakterisierte Meteoritentypen gleiche oder sehr naheliegende Falldaten haben.

Ein sehr prägnantes Beispiel in dieser Hinsicht sieht man in den Howarditen, von welchen im ganzen nur neun Fälle bekannt sind. Nun liegen drei Howardite auf einer geraden Linie in den ersten Tagen vom August, und drei kommen auf die erste Hälfte vom Dezember. Durch Probabilitätsrechnung ergiebt sich, dass eine solche Gruppierung mit mehrern Tausend Wahrscheinlichkeiten gegen eine als nicht zufällig anzusehen ist. Aber wenn diese Gruppierung nicht ein Zufall ist, dann liegt es am nächsten, dieselbe dadurch zu erklären, dass zu den genannten Zeiten (ein oder) zwei howarditische Schwärme mehrmals die Erdbahn gekreuzt und dabei Fälle geliefert haben. Dass die Fälle eine deutliche Tendenz haben, immer etwas früher einzutreffen, kann dadurch erklärt werden, dass die Bahn des Schwarmes durch Störungen Deformationen unterworfen ist. In der That ist dies für kometoide Körper eher zu erwarten, als dass die Bahn eines derartigen Schwarmes so gleichförmig wäre, dass derselbe immer am selben Datum wiederkehre.

Ein zweiter Typus (die Eukrite) ist durch drei Fälle repräsentiert; von diesen kommen zwei auf den 13.—15. Juni, ein Zusammentreffen, welches mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 90 gegen 1 für gemeinsame Herkunft spricht.

Betrachtet man weiter die Verteilung der Chondrite, so findet man viele Beispiele von ähnlicher Gruppierung. Auf diese Beispiele legt Verf. nicht viel Gewicht. Einige mögen jedoch angeführt werden. Am 19. Januar (1865 und 1867) zwei Fälle von »grauen breccienartigen Chondriten«, was $^{2}/_{18}$ aller Fälle dieses Typus ausmacht. Die 15 »krystallinischen Chondrite« verteilen sich auch etwas auffallend, nämlich vier Fälle 19.—25. März, drei Fälle 16.—24. Sept., zwei Fälle 22.— 27. Mai, zwei Fälle 8.—15. Aug. und nur vier sporadische Fälle auf andere Zeiten. Von fünfzehn »intermediären geaderten Chondriten« kommen drei Fälle auf die Tage 9.—12. April, was ja, rein arithmetisch betrachtet, mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit für einen gemeinsamen Ursprung dieser drei Fälle spricht. Sie sind mit einem Sternschnuppenschwarme (den »Lyriden«) gleichzeitig.

Die Chondrite eignen sich indes nicht wohl für derartige Zusammenstellungen. Die in dieser umfassenden Gruppe unterschiedenen Typen sind nämlich in petrographischer Hinsicht nicht scharf getrennt, wie schon aus den unter einander abweichenden Bezeichnungen verschiedener Kenner hervorgeht, indem derselbe Fall oft zu zwei oder drei verschiedenen Typen gerechnet wurde. So werden in der Litteratur drei Fälle teils als »intermediäre«, teils als »graue Chondrite«, sechs Fälle als »Kugelchondrite« oder als »graue Chondrite« bezeichnet u. s. w.

Besonders ist die Breccienstruktur und noch mehr die Aderstruktur von fraglichem Werte für eine Klassifikation, die über genetische Zusammengehörigkeit Auskunft geben will. In derselben Beziehung ist der Typus »kohlige Chondrite« von zweifelhaftem Werte, weil eine Menge andere Chondrite auch kohlehaltig sind. Die petrographischen Verschiedenheiten der chondritischen Typen sind überhaupt so geringfügig oder von solcher Natur, dass aus denselben kaum auf ungleiche oder gemeinsame Herkunft geschlossen werden kann. Einige Charaktere können diese Typen während ihres Eintretens in oder ihres Ganges durch die Atmosphäre bekommen haben; und manche für die Einteilung benutzten Charaktere sind solcher Art, dass die mit ihnen hervorgehobenen Verschiedenheiten sehr wohl in einem Meteoritenschwarme vorkommen können. So ist es wohl denkbar, dass solche strukturelle Ausbildungsformen wie Breccienstruktur, krystalliniche Struktur und geaderte Formen in einem Schwarme oder sogar in einem Falle zur Ausbildung gekommen sind. Ebenfalls können die im allgemeinen geringfügigen chemischen Abweichungen der Chondrite in einem Schwarme vorkommen, man mag sie nun durch Differentiations- oder Aggregationsprozesse entstanden annehmen. Es sind ja auch einzelne Fälle bekannt, welche derartige chemische oder strukturelle Ungleichheiten zeigen, wie z. B. Bielaja-Zerkow (16. Jan. 1796) und Avilez (1856) teils als Kugelchondrite und teils als graue Chondrite ausgebildet; ebenso Lissa (1808) als geaderte und weisse, bronzeähnliche Chondrite. Noch grössere chemische Variationen sind von einem andern Falle bekannt, nämlich Brenham, wovon ein Stück in seinem einen Ende Pallasit, in dem andern Nickeleisen ist.[1])

Die durch nur vereinzelte Fälle repräsentierten Typen der Gruppe B (Bastite, Chassignite, Chladnite und Amphoterite), ebensowie die howarditischen Chondrite, zeigen einige Eigentümlichkeiten in ihrer Verteilung, woraus als wahrscheinlich geschlossen werden kann, dass sie mit den verwandten Howarditen gemeinsame Herkunft haben. So kommen mit den Dezember-Howarditen ein Bastit, ein Chladnit und ein Amphoterit zusammen, was auffallend viel ist, da diese drei Typen zusammen nur neun Fälle bilden. Auch haben

[1]) Vgl. Ward: Collection of Meteorites, Chicago 1900. Preface IV.

die Juni-Eukrite mit einem Howardite, einem Chladnite und einem howarditischen Chondrite gleiche Falldata. Um den ersten Oktober findet man einen Chassignit, zwei howarditische Chondrite und einen Howardit zusammen. Eine ähnliche Vergesellschaftung derselben Typen kommt auch Ende März vor. Der Umstand, dass alle diese petrographisch verwandten Typen, die im ganzen etwa 30 Fälle bilden, in oben angeführter Weise tendieren, sich um einige wenige Falldata zu sammeln, scheint mit einer ausserordentlich grossen Wahrscheinlichkeit auf gemeinsame Herkunft zu deuten, so dass die Schlüsse, welche oben bezüglich der Howardite gezogen wurden, auch zu diesen begleitenden Typen erweitert werden können.

Auffallend ist auch, dass die sehr eisenreichen Typen sich mit einem grossen Prozentsatze sämtlicher Fälle den genannten Schwärmen anschliessen. Von den acht Nickeleisen, deren Falldata angegeben sind, kommt eines in die Nähe der August- und eines in die Dezember-Howardite, eines auf dasselbe Datum und nur zwei Jahre später als der Howardit vom 14. Juli, eines (oder zwei) schliesst sich an die Ende März gefallenen howarditischen Chondrite und Chladnite an. Auch der einzige Fall von Lodranit (ein Typus, der ja den Eisenmeteoriten sehr nahe steht), ist mit den howarditischen und verwandten Typen verbunden, welche am 1. Okt. gefallen sind. Wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, dass die nun angeführten Typen nicht durch Zufall ihre Gruppierung bekommen haben, lässt sich nicht genau mit Ziffern ausdrücken, da eine Probabilitätsrechnung ziemlich freien Spielraum für subjektive Behandlung des Materiales zulässt.

Bezüglich der Frage, wie viele Tage man berechtigt ist, als Fallzeit eines Schwarmes zusammenzuschlagen, lässt sich natürlich keine bestimmte Zahl fixieren. Ein Zeitverlauf von einigen Tagen für die durch zahlreiche Fälle charakterisierten Schwärme (wie z. B. die Dezember-Howardite) scheint jedoch zulässig zu sein, da die rekurrenten Sternschnuppenschwärme oft eine ebensogrosse Zeitdauer aufzuweisen haben. Wenn die Fälle ausserdem eine Verschiebung der Falldaten nach einer bestimmten Richtung zeigen, wie es nach meiner Auffassung besonders für die August- und Dezember-Howardite hervortritt, welche im Laufe eines Jahrhunderts ihre Fallzeit mit einigen Tagen verändert haben, so vermindert nicht die dadurch verursachte Verbreitung der Fälle auf einige Tage die Wahrscheinlichkeit ihrer Zusammengehörigkeit.

Wenn die hier ausgesprochene Vermutung von einer Zusammengehörigkeit der Gruppe A und B miteinander und mit den Gruppen D und E[1] in der Zukunft durch neue Fälle gestützt wird, dann gewinnt man interessante Angriffspunkte für theoretische Betrachtungen über die Probleme der kosmischen Petrographie. Wollte man mit dem jetzt vorliegenden Materiale eine Hypothese aufbauen, so würden vielleicht einige Wahrscheinlichkeiten dafür zu finden sein, dass die

anorthitreichen Typen der ersten Gruppe zu den eisenreichen der letztern in etwa demselben Verhältnisse stehen wie die Anorthitgesteine und Eisenerzgesteine der ultrabasischen terrestren Magmagesteine, dass sie folglich als Differentiationsprodukte aufzufassen seien. In wie weit die chemischen und mineralogischen Verschiedenheiten der Meteoritgesteine durch magmatische Spaltungsprozesse, und in welchem Umfange sie durch ungleichmässige Aggregation der Materie des Weltraumes entstanden sind, das sind indes Fragen, die sich kaum noch beantworten lassen. Nur für eine Meteoritengruppe scheint das vorliegende Material zu erlauben, darüber eine Meinung auszusprechen. Es sind die durch Fr. Suess' hochinteressante Arbeit über die Moldavite [1]) als Meteorite gedeuteten Glasgesteine, welche in jungtertiären oder altdiluvialen Ablagerungen von Böhmen-Mähren, Ostindien und Australien gefunden werden. Die Relationen der Basen zu einander und zur Kieselsäure wechseln in den Moldaviten mit solcher Regelmässigkeit und so analog mit den Variationen in den terrestren Magmagesteinen, dass man für jene wie für diese Spaltungsvorgänge analoger Art annehmen muss. Die quantitativen Unterschiede sind freilich augenfällig, jedoch nicht grösser, als dass sie wohl durch die ganz abweichenden physikalischen Bedingungen sich erklären lassen, unter welchen die Differentiation in beiden Fällen stattgefunden haben muss. Speziell scheint die Abwesenheit oder geringe Rolle des Wassers im Moldavitmagma einen scharf hervortretenden Unterschied gegenüber dem irdischen Magma zu bezeichnen. Es ist einleuchtend, dass die stöchiometrischen Variationen in der Zusammensetzung der Moldavite durch ihre Regelmässigheit eine jede Hypothese, dass diese Gesteine durch Mischung verschiedener Materien zustande gebracht worden seien, ausschliessen, man mag sich nun diese Mischung als durch Agglomeration im Weltraume oder als durch Kunst entstanden denken. [2])

---

[1]) Die Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser, von Dr. Franz E. Suess. Jahrb. d. Kaiserl. Reichsanstalt. Jahrg. 1900.

[2]) Da der kosmische Ursprung dieser Moldavite noch von einigen Verfassern angezweifelt wird, dürfte es nicht überflüssig sein, hervorzuheben, wie aus der chemischen Zusammensetzung ein gutes (von Suess nicht betontes) Argument für die meteorische Natur dieser Körper geholt werden kann. Wie die von Suess mitgeteilten Analysen darthun, enthalten die Moldavite nämlich mehr von den Oxyden des Eisens, Kalks und Magnesiums, weniger Alkalien als irgendwelche terrestren Magmagesteine derselben Azidität. Der Einwand, welcher sich auf die von allen früher bekannten Meteoriten abweichende Beschaffenheit der Moldavite gründet, scheint gegenüber allen von Suess angeführten Umständen, nur geringe Bedeutung zu haben. Es wäre in der That mehr sonderbar, wenn die bekannten Meteoritenfälle der letzten Jahrhunderte uns eine vollständige Probensuite der kosmischen Materien gegeben hätten, als dass neue Typen durch neue Funde oder durch Fälle früherer geologischer Perioden bekannt werden.

Für ein bestimmtes Entscheiden, ob petrographisch ähnliche oder verwandte Meteorite gleicher, bezw. naheliegender Falldaten, einem rekurrenten Schwarme gehören, isteine Statistik wie die hier dargestellte nicht hinreichend. Wenn auch mit grosser Wahrscheinlichkeit behauptet werden darf, dass die Fallzeiten mancher Meteorite für eine solche Rekurrenz sprechen, so wäre doch eine Kontrolle erwünscht, und eine solche würde in erster Linie die Bewegungsrichtungen und Radiationspunkte der einzelnen Fälle geben, wenn darüber Beobachtungen gemacht worden wären. Da die Angaben, welche zur Berechnung der Radiationspunkte dienen könnten, teils sehr mangelhaft zu sein scheinen, teils im allgemeinen nur in den ersten Notizen über einen Meteoritenfall und deshalb in einer ausserordentlich zerstreuten und schwer zugängigen Litteratur zu finden sind, so habe ich nicht eine Untersuchung der Meteoritenfälle in dieser Hinsicht unternehmen können. Vereinzelte Fälle würde ich wahrscheinlich bei einer Durchsuchung der mehr zugängigen Litteratur gefunden haben, die in dieser Hinsicht bekannt und untersucht waren, kaum jedoch so viele, dass sie zur Kontrollierung der obigen Statistik dienen könnten.

Ich habe geglaubt, dass diese statistische Studie einigen Nutzen insofern haben könne, dass man in der Zukunft mehr Gewicht auf möglichst vollständige und genaue Angaben über die Fallzeiten und Bewegungsrichtungen der Meteorite lege; es würde dann binnen einiger Jahrzehnte wahrscheinlich Material genug vorliegen für die hier behandelte Frage von der Zusammengehörigkeit mancher Meteorite und der Rekurrenz mancher Schwärme. Dass indessen eine Menge und vielleicht die Mehrzahl der Meteoritenfälle sich nicht werden in solche rekurrente Schwärmen einordnen lassen, sondern als sporadische und zufällige Erscheinungen hervorstehen werden, ist sehr wahrscheinlich; dafür sprechen schon Niessls oben erwähnte Untersuchungen über die Bewegungsgeschwindigkeiten der Feuermeteore und einiger Meteorite. Ebenso wird es aus den Analogien zwischen Kometen und Meteoriten wahrscheinlich, dass unter diesen wie unter jenen hyperbolische Bahnen in der Mehrzahl gegenüber den elliptischen sind. Wie hyperbolische Kometen an unser Planetensystem gebunden werden und elliptische Bahnen annehmen, so haben wohl auch die Meteoritenschwärme dasselbe Schicksal; und nachdem dies geschehen ist, werden sie wohl allmählich von den Planeten als Meteoritenfälle absorbiert. Dass in dieser Weise ein stetiger Zuwachs der Masse unserer Erde und übriger Planeten stattfindet, der im Laufe geologischer Zeiträume ein ansehnliches Mass erreichen möchte, kann wohl nicht bestritten werden.«

Fixsterne.

Der Potsdamer Katalog der photographischen Himmelskarte. Von demselben sind 2 Bände erschienen[1]), während die dort aufgenommenen Zonen (31—40° N.D.) im ganzen etwa 20 Bände umfassen werden, d. h. etwa 7% des grossen Umkreises der internationalen, photographischen Himmelsaufnahmen. Die genannten beiden Bände umfassen die Messungsergebnisse von 57 + 38 Platten, enthaltend 20627 + 20553 Sternpositionen. Die einzelnen Platten sind so eingestellt, dass die vier Ecken jeder Platte in die Mitten von vier Nachbarplatten fallen. Jede Stelle des Himmels also doppelt aufgenommen ist, und alle Sterne bis 11. Gr. sich auf zwei Platten finden müssen.

Aus Vorversuchen hatte sich herausgestellt, dass man am Potsdamer 34 *cm*-Refraktor etwa 5 Minuten belichten muss, um Sterne 11,0 Gr. auf der Platte deutlich zu erhalten, während die schwächsten Sterne (9.5 — 10 Gr.) der Bonner Durchmusterung, schon in 30 Sekunden sich abbilden. Bei Vergleichung von Nachbarplatten ergab sich indessen, dass gegen den Rand einer Platte hin die schwächern Sterne in verhältnismässig grosser Zahl ausbleiben.

Der Vergleich der Potsdamer Schätzungen mit den Angaben der Bonner Durchmusterung bis zu Sternen 9.5 Gr. zeigt eine starke Abhängigkeit von der Sterndichte: in sternreichen Gegenden giebt die B. Durchmusterung die Sterne zu schwach oder die Photographie die Sterne zu hell, auch übertrifft daselbst die Platte an Sternfülle die B. D. weit mehr, als in sternenarmen Himmelsgegenden, wo auch die Sterngrössen besser übereinstimmen.

Die Verteilung der Sterne 1.—9.5 Grösse ist von Stratanoff untersucht worden,[2]) auf Grund der von Argelander zu Bonn durchgeführten »Durchmusterung des Himmels« und der später von seinem Nachfolger Schoenfeld bis zu 20° südlicher Deklination weiter geführten Fortsetzung derselben. Den Rest des südlichen Himmels untersucht Stratanoff an der Hand der photographischen Durchmusterung, welche die Kapsternwarte geliefert, doch ist diese Arbeit noch nicht beendet, und seine vorliegenden Studien beschränken sich also auf den nördlichen Himmel und die Zone vom Äquator bis zum 20.° südl. Breite.

Bei diesen Untersuchungen denkt sich Stratanoff, nach dem Vorgange von Schiaparelli, den Himmel in 36 Zonen parallel dem Himmelsäquator geteilt, von denen jede 5° breit ist. Jede Zone wird dann durch Meridiane senkrecht in Trapeze zerteilt, und zwar werden diese Meridiane bis zu 50° nördl. Deklination in Abständen

[1]) Publ. d. Astrophys. Obs. zu Potsdam. Photogr. Himmelskarte. Bd. I, II. Leipzig 1899. 1901.

[2]) Publ. Observ. astr. de Tachkent No. 2.

von 5° gezogen, zwischen 50 und 60° Deklination in Abständen von 10°, zwischen 60 und 80° Deklination in Abständen von 15°. Die Zone zwischen 80 und 85° Deklination wird in acht gleich grosse Trapeze zerfällt und von dort bis zum Pole wird der Rest der Himmelssphäre endlich in vier gleiche Teile geteilt. Auf diese Weise zerfällt der ganze Himmel in 1800 einzelne kleine Flächenteile, von denen 1188 auf den zur Untersuchung stehenden Teil des Himmels entfallen.

Für jede dieser Flächen wurde nun unter Zugrundelegung der Rechnungen Prof. Seeligers die Anzahl der darauf entfallenden Objekte ermittelt. Diese Zahlen würden indessen für einen richtigen Überblick und vor allem für die Wiedergabe auf Karten sich nicht eignen. Stratanoff hat daher den folgenden Weg eingeschlagen. Die Anzahl der Sternobjekte, welche am nördlichen Himmel durchschnittlich auf einen jeden Grad der bezeichneten Flächen entfällt, wurde = 10 gesetzt und hiernach die relative Dichte für jeden Grad berechnet. Um ferner zufällige Ungleichförmigkeiten zu eliminieren, wurden auch die Sterndichten der an die Seiten und Ecken jedes Trapezes anstossenden Trapeze hinzugenommen und aus diesen jedesmal der Mittelwert abgeleitet. Auf einer Himmelskarte wurde dann in jedes Trapez dieser Mittelwert eingeschrieben und alle Flächen, in welchen die Zahl der Objekte grösser ist als die durchschnittliche, mit Farben bezeichnet. Diese Farben sind um so tiefer, je grösser die Sterndichte ist, so dass man mit einem Blicke übersehen kann, an welchem Orte des Himmels die grössten Sternanhäufungen sich finden, und wie die Dichtigkeit im einzelnen verteilt ist. Um die Frage nach etwaigen Beziehungen der Sterndichte zur Milchstrasse zu untersuchen, hat Stratanoff in seine Karten auch die Mittellinie der Milchstrasse eingezeichnet, und zwar in Gestalt eines grössten Kreises, dessen Pol in 12^h 49.1^m Rektaszension und 27° 30′ nördl. Deklination (für 1880.0) liegt. Denkt man sich um diesen nördlichen Pol der Milchstrasse mit ihrem Äquator parallele Kreise gezogen, so kann man diese Kreise »galaktische« Breitenkreise nennen, und Stratanoff hat auch sie in seine Karten eingetragen.

Nach diesen Vorausschickungen wenden wir uns nunmehr zu den Ergebnissen, welche Stratanoff aus den ihm vorliegenden Materialien ableitet. Er untersucht zunächst die scheinbare Verteilung der Sterne nach ihrer Helligkeit oder Grösse. Zu diesem Zwecke unterscheidet er acht Klassen. In Klasse I fasst er alle Sterne 1 bis einschliesslich 6. Grösse zusammen, also im grossen und ganzen die dem blossen Auge sichtbare Sternenschar. Zu Klasse II rechnet er die Sterne von 6.1—6.5 Grösse; zu Klasse III diejenigen der Grössen 6.6—7.0; zu Klasse IV diejenigen 7.1—7.5; zu Klasse V diejenigen 7.6—8.0; zu Klasse VI diejenigen 8.1—8.5; zu Klasse VII diejenigen 8.6—9.0; zu Klasse VIII die Sterne 9.1 bis

9.5 Grösse. Für jede dieser Klassen ist die Verteilung der Sterndichte auf die einzelnen Trapeze in einer besondern Karte dargestellt und durch farbige Unterscheidung verdeutlicht. Was die Sterne der Klasse I (1.—6.0 Grösse) anbelangt, so zeigt ihre Verteilung über die Himmelssphäre keine Beziehung zum Verlaufe der Milchstrasse, die grössten Sterndichten finden sich vielmehr entfernt von dieser. Das nämliche zeigt die Verteilung der Sterne der II. Klasse, doch erblickt man auf beiden eine Verdichtung der Sternhäufigkeit in der Nähe des Sternbildes des Schwanes, die mehr oder weniger auch auf allen andern Karten wiederkehrt. Die Sterne der Klasse III (6.6—7.0 Grösse) sind in Bezug auf die Milchstrasse mehr symmetrisch gruppiert, vielleicht symmetrischer als diejenigen irgend einer andern Grössenklasse. Die grösste Unregelmässigkeit in ihrer Verteilung zeigt sich zwischen 3^h und 7^h Rektaszension, wo die Hauptmasse der Sterne mehr gegen den nördlichen Himmelspol gerückt erscheint. Die Hauptkondensation der Sterne dieser Klasse fällt in die Gegend der Sternbilder Schwan und Leyer. Auf der IV. Karte, welche die Verteilung der Sterne 7.1—7.5 Grösse darstellt, fällt die Abwesenheit jeder Symmetrie in Bezug auf die Milchstrasse auf. Dagegen zeigt sich eine auffallende Kondensation der Sternhäufigkeit vom Sternbilde der Leyer bis zur Cassiopeja mit dem dichtesten Teile derselben im Schwane zwischen den Sternen α und γ. Zwei andere, geringere Kondensationen zeigen sich in den Sternbildern Perseus und Auriga. Auf der Karte, welche die Verteilung der Sterne 7.6—8.0 Grösse darstellt, beginnt eine gleichmässigere Kontur der Sternverteilung, und dieselbe bleibt in ihren Hauptzügen bestehen bis zur Verteilung der Sterne 9.1—9.5 Grösse, also bis zur Grenze des vorliegenden Materiales überhaupt. Die Hauptkondensation der Sterne erscheint wieder im Schwane und fällt auf Gegenden, durch welche die Milchstrasse nicht zieht. Diese Anhäufung der Sterne bis zur Grösse 9.5 in dieser Gegend des Himmels ist also eine nicht zu bestreitende Thatsache, und ebenso sicher ist, dass sie mit der Erscheinung der Milchstrasse nichts zu thun hat. Überhaupt zeigen die Karten Stratanoffs, dass die Verteilung der Sterne 1.—9.5 Grösse nicht sehr innig dem Verlaufe der Milchstrasse, ihrem Wesen nach, angepasst ist, oder, mit andern Worten, dass die Milchstrasse mit den Sternen bis zu 9.5 Grösse nichts zu thun hat. Stratanoff hat auf Grund seiner Karten eine Anzahl Sätze aufgestellt, welche das Verhalten dieser Sterne (1.—9.5 Grösse) und der Milchstrasse ausdrücken, nämlich:

1. Die Linie der grössten Sterndichtigkeit oder Sternanhäufung fällt nicht mit der Milchstrasse zusammen.

2. Der Ort der geringsten Sterndichtigkeit fällt nicht mit dem nördlichen Pole der Milchstrasse zusammen.

3. Auf den verschiedenen Seiten vom nördlichen Pole der Milchstrasse nimmt die Sternanhäufung gegen die Milchstrasse hin in

ungleicher Weise zu. Die Sterndichtigkeit bleibt grösser in der Richtung gegen den nördlichen Himmelspol hin, als auf der entgegengesetzten Seite.

4. Die Orte der geringsten Sternanhäufung liegen überall nahe beim Himmelsäquator, mit Ausnahme der schwächsten Sterne.

5. Die Orte der geringern Sterndichten, wenn sie in der Milchstrasse selbst oder nahe bei ihr liegen, zeigen sich stets nahe dem Durchschnittspunkte der Milchstrasse mit dem Himmelsäquator.

6. Südlich vom Himmelsäquator (bis 20° südl. Deklination) trifft man vom Äquator gegen den südlichen Pol der Milchstrasse hin eine Zunahme in der Häufigkeit der Sterne der Klasse I—V. Die Sterne der Klasse VI bleiben gleich häufig, aber diejenigen der Klassen VII und VIII verhalten sich umgekehrt.

7. Fasst man alle Einzelheiten zusammen, so findet man, dass die in den Sätzen 1—6 ausgesprochene Anordnung den Sternklassen I—V durchaus gemeinsam ist. Die Klassen VII—VIII zeigen die entgegengesetzte Ordnung, und Klasse VI bildet zwischen beiden Anordnungen die Grenze.

8. Die Teilung der Milchstrasse, welche sich am Himmel vom Schwane bis zum Schützen hinzieht, zeigt sich in der Verteilung der Sterne der 1.—9.5 Grösse durchaus nicht. Diese Thatsache war schon Argelander bekannt.

9. Die breiten und schmalen Stellen der Milchstrasse im allgemeinen fallen nicht mit ähnlichen Ausdehnungen der Sternhäufigkeit der Grössenklassen 1—9.5 zusammen.

10. Die hellsten Stellen der Milchstrasse fallen im allgemeinen mit den sternreichsten Gegenden der Bonner Durchmusterungen nicht zusammen.

Indem Stratanoff diese sämtlichen Thatsachen in Betracht zieht, kommt er zu folgenden Schlussfolgerungen:

Die Mehrzahl der Sterne, welche in unsern Breiten sichtbar sind, gehört zu einer gewaltigen Sternanhäufung, deren zentrale Region im Sternbilde des Schwanes sichtbar ist, aber auch einen Teil der Sternbilder Cepheus, Leyer, Fuchs und Pfeil umfasst. Diese Sternanhäufung oder, kurz gesagt, dieser Sternhaufen liegt merklich in der Ebene der Milchstrasse und macht sich bereits von den Sternen 5. Grösse ab bemerkbar; seine scheinbaren Konturen treten indessen noch deutlicher in der Anhäufung der Sterne von der 7. Grösse an hervor. Seine allgemeine Form zeichnet sich fast unverändert auch in der Verteilung der Sterne bis zur Grösse 9.5 ab. Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese Sternanhäufung auch in der Verteilung der Sterne des südlichen Himmels hervortreten wird. Eine analoge, aber kleinere Sternanhäufung zeigt sich in ihrem Zentrum im Sternbilde des Fuhrmanns. Man bemerkt sie von den Sternen 6.5 — 7. Grösse an, sie findet sich auch deutlich ausgesprochen bis zu den Sternen einschliesslich 8.5 Grösse, darüber

hinaus lässt sie sich nur in Spuren erkennen. Ihre Sterndichte ist geringer als die des erstgenannten grossen Sternhaufens. Sie berührt diesen und ist möglicherweise nur ein etwas entfernter Teil desselben. Eine dritte Sternkondensation hat ihr Zentrum in den Zwillingen, im Einhorn und im grossen und kleinen Hunde, vielleicht auch noch in andern Sternbildern, jenseits von 2° südlicher Breite. Sie wird erst sichtbar in der Verteilung der Sterne von der 7.6 Grösse ab bis zu denjenigen 9.—10. Grösse, ihre Dichte ist beträchtlich, und sie umfasst einen grossen Teil des Himmels. Das sind die Folgerungen, aus den unmittelbaren Thatsachen; es fragt sich, wie sie unter höhern Gesichtspunkten zu vereinigen sind, d. h. welche Schlüsse daraus auf den Bau des Sternenhimmels gezogen werden dürfen oder müssen.

Über die Entfernungen der Fixsterne wissen wir mit wenigen Ausnahmen nichts Sicheres, ausser dass sie ungemein gross sind, so dass selbst die Entfernung der Erde von der Sonne daneben zu einer kleinen Grösse zusammenschrumpft. Die natürlichste Annahme ist ferner, dass die lichtschwachen Sterne die entferntern sind, sobald die Zahl der dabei in Betracht gezogenen Sterne gross ist. Aus dieser Voraussetzung folgt dann, dass im allgemeinen die Sterne der Klasse I uns näher sind als die der Klasse II, diese näher als die Sterne der Klasse III u. s. w. Hiernach bilden die der Klasse I eine kugelförmige Anordnung, die der Klasse II eine sphärische Schicht um diese Kugel, die der Klasse III wiederum eine sphärische Schicht um die vorhergehende u. s. f. Prüft man nun unter diesen Voraussetzungen die Stratanoffschen Karten, so finden sich so grosse Abweichungen, dass die Voraussetzung einer regelmässigen Anordnung der sämtlichen Sterne nach dem obigen Schema nur als sehr rohe Annäherung gelten kann. Stratanoff findet vielmehr wahrscheinlich, dass unsere Sonne ein Glied der ersten oben erwähnten grossen Sternanhäufung ist, und dass dieser grosse Sternhaufen von mehrern andern, kleinern, begleitet wird. Die zweite Sternanhäufung ist weiter von uns entfernt, sie erstreckt sich auf die Distanzen der Sterne 6.5 — 8.5 Grösse. Die dritte Sternanhäufung beginnt erst in den grossen Entfernungen der Sterne 7.6 — 8.0 Grösse. Möglicherweise sind diese beiden Sternhaufen auch von kleinern begleitet, indessen gestatten unsere Beobachtungen nicht, darüber etwas Bestimmtes zu äussern. Die Milchstrasse selbst betrachtet Stratanoff als bestehend aus einer unbestimmt grossen Anzahl gewaltiger Sternanhäufungen, man könnte sagen von Sternwolken, die einander so nahe stehen, dass sie sich gegenseitig berühren, und die wesentlich alle in einer Ebene liegen, welche die Ebene der Milchstrasse ist. Dieser Bau der Milchstrasse wird, wie Stratanoff mit Recht betont, auch durch die photographischen Aufnahmen derselben bestätigt, ja der Anblick einzelner Teile derselben mit blossem Auge spricht entschieden dafür. Die ganze Region

der Milchstrasse zwischen der Cassiopeja und dem Schützen macht den Eindruck, dass sie aus grossen Wolken von Sternen zusammengesetzt ist. Die dunklen Stellen, die von W. Herschel sogenannten »Öffnungen im Himmel«, sind nichts anderes als Zwischenräume zwischen den einzelnen Sternwolken, die uns den Ausblick in die unbegrenzte Tiefe eines sternleeren Raumes gestatten.

Stratanoff hat auch die Verteilung der Sterne der einzelnen Spektralklassen über den Himmel untersucht, und zwar an der Hand des Draperschen Kataloges,[1] welcher die photographischen Spektra von 10351 Sternen aufzählt, doch sind die Ergebnisse bezüglich der Frage nach der Anordnung des Weltbaues nicht entscheidend. Wichtiger sind dagegen die Untersuchungen Stratanoffs über die Verteilung der Nebelflecke und Sternhaufen. Schon J. Herschel hat, nachdem er am Kap den südlichen Himmel durchmustert, die Verteilung der ihm bekannten 4000 Objekte der Himmelssphäre studiert. Diese Arbeit hat nach dem Erscheinen des »Generalkataloges der Nebel und Sternhaufen« A. Abbe wiederholt, und endlich ist der »Neue Generalkatalog«, welcher 7840 Objekte enthält, nach derselben Richtung hin von Bauschinger untersucht worden.[2] Stratanoff hat seine bezügliche Arbeit auf die beiden Kataloge von Dreyer[3], sowie auf das übrige ihm zugängliche Material gestützt und 9943 Objekte zusammengebracht, worunter 679 Sternhaufen sind. Er unterscheidet die Nebelflecke in schwache, glänzende, kleine und ausgedehnte, doch hat diese Unterscheidung mancherlei Willkürliches. Als Ergebnis findet Stratanoff, dass die Milchstrasse arm an Nebelflecken ist, dass dagegen deren Zahl in den Regionen nahe den Polen der Milchstrasse überwiegt. Nur die planetarischen und ringförmigen Nebel finden sich hauptsächlich in oder nahe der Milchstrasse. Was die Sternhaufen betrifft, so finden sich dieselben im allgemeinen am zahlreichsten in der Milchstrasse, nur die kugelförmigen Sternhaufen machen eine Ausnahme und sind nahezu gleichförmig über den ganzen Himmel zerstreut.

Zahl der Sterne bei photographischen Aufnahmen von verschiedener Dauer der Exponierung. W. Stratanoff vom Taschkentobservatorium hat hierüber eine interessante Mitteilung veröffentlicht.[4] Im Sommer 1899 machte er am dortigen photographischen Refraktor von 33 *cm* Öffnung eine Aufnahme der Sternhaufen h und χ im Perseus von 30 Stunden Expositionsdauer, die längste Dauer, soweit bis jetzt bekannt. Die Platten wurden

---

[1] Ann. of the astr. obs. of Harvard Coll. **27.**

[2] Vierteljahrsschrift der deutsch. astron. Gesellsch. **24.** p. 45.

[3] A New General Catalogue of Nebulae and Clusters of stars. Mem. of the R. A. S. 1888, XLIX. Index Catal. of Nebulae found in the years 1888—1894. Mem. of the R. A. S. 1895. LI.

[4] Astron. Nachr. No. 3710.

während zehn Nächten, vom 5. — 17. August, exponiert, trotzdem sind die Scheibchen der Sterne genügend rund, und die aufmerksamste Prüfung der Platten zeigt nirgendwo die geringste Spur von Nebeligkeit. Die Gesamtzahl der dargestellten Sterne ist nicht so bedeutend, als man bei diesem mitten in der Milchstrasse liegenden Sternhaufen hätte erwarten können; sie beträgt auf einer Fläche des Himmels von vier Quadratgrad 45 000 Sterne. Augenscheinlich sind die beiden Haufen h und χ im Perseus nicht sehr reich an Sternen, was auch durch das Studium der Verteilung der Sterne der verschiedenen Grössenklassen in diesem Haufen bestätigt wird.[1] Die photographischen Aufnahmen mit langen Expositionen haben für das Studium über den Bau des Universums eine grosse Tragweite. Aus diesem Grunde giebt W. Stratanoff einige Sternzählungen pro Quadratgrad in identischen Regionen des Himmels, aber bei verschiedener Expositionsdauer der Platten. Es sind folgende:

Expositionsdauer	Zahl der Sterne pro Quadratgrad.
Plejaden.	
0.1 h	100
0.3	160
3.0	600
10.0	1300
24.0	1700
Ringnebel in der Leyer.	
0.5 h	600
0.4	1900
1.0	6000
20.0	10000
Sternhaufen h und χ im Perseus.	
0.1 h	250
0.4	600
2.0	2000
5.0	4500
30.0	11000

Zur Ergänzung fügt Stratanoff noch einige Zählungen auf Clichés bei, die am Kap mit einem gleichgrossen Instrumente erhalten wurden, und zwar in der Umgebung von η Argus:

Expositionsdauer	Zahl der Sterne pro Quadratgrad
3 1/4 h	10000
12	50000
24	100000

Man darf übrigens nicht übersehen, dass alle diese sternreichen Gegenden nahe der Milchstrasse sich befinden.

Parallaxenbestimmung von südlichen Fixsternen. Auf dem Kapobservatorium sind seit 1887 mit einem ausgezeichneten 7-zolligen Heliometer Untersuchungen über die Parallaxen einer Anzahl von Sternen des Südhimmels ausgeführt worden. Die Er-

[1]) Publ. de l'obs. de Taschkent No. 2. p. 28.

gebnisse derselben, welche das höchste Interesse beanspruchen dürfen, wurden von Sir David Gill im 8. Bande der »Annals of the Royal Observatory Cape of Good Hope« veröffentlicht. An Genauigkeit wetteifern diese Messungen mit den vorzüglichsten, welche zur Zeit vorhanden sind, und übertreffen die früher am Kap mit einem 4-zolligen Heliometer erhaltenen Messungen um das Sechsfache an Zuverlässigkeit. Als Endresultate werden angegeben für die Parallaxe π und die wahrscheinlichen Fehler $\pm$ derselben:

Sirius	— 1.8	Grösse. π =	0.370″	± 0.010″
Canopus	— 1.0	„	0.000	± 0.010
Rigel	0.35	„	0.000	± 0.010
Achernar	0.5	„	0.043	± 0.015
β Centauri	0.8	„	0.046	± 0.017
α Crucis	1.0	„	0.050	± 0.019
Spica	1.2	„	—0.019	± 0.010
Fomalhaut	1.3	„	0.130	± 0.014
α Scorpii	1.3	„	0.021	± 0.012
β Crucis	1.5	„	0.000	± 0.008
α Gruis	1.9	„	0.015	± 0.007
β Hydri	2.9	„	0.134	± 0.007
T Ceti	3.6	„	0.310	± 0.012
Lacaille 2952	6.0	„	0.064	± 0.024
P. XIV 212	A 6.3 B 7.9	„ „	0.167	± 0.008
ZCV 243	8.5	„	0.312	± 0.016

Diese für die Parallaxen erhaltenen Werte bestätigen aufs neue die Erscheinung, dass die Parallaxen der Fixsterne um so kleiner ausfallen, je genauer die Messungen sind, das heisst dass wir mit sehr wenigen Ausnahmen von den Parallaxen der Fixsterne nichts Zuverlässiges wissen. Aus der obigen Reihe sind auch wohl nur die Parallaxe des Sirius, von T Ceti und des Sternes Z C V 243 als einigermassen verbürgt zu betrachten, das heisst die erhaltenen Werte zeigen an, dass mit unsern heutigen Mitteln bei diesen Sternen messbare Parallaxen von der Ordnung der in der Tabelle enthaltenen vorhanden sind. Ein Zusammenhang zwischen Parallaxenwert und scheinbarer Grösse der Sterne zeigt sich nicht.

Durchschnittliche Fixsternparallaxen. Prof. Kapteyn in Groningen hat eine umfangreiche Untersuchung über mittlere Fixsternparallaxen angestellt,[1]) bei welcher die Eigenbewegungen und scheinbaren Helligkeiten genauer bestimmt sind. Es wurden dabei die Parallaxenmessungen auf der Kapsternwarte, die Bestimmungen von Elkin am Yaleobservatorium, die heliometrischen Parallaxenbestimmungen von Peter in Leipzig, Prof. Kapteyns eigene Resultate, die von Flint bestimmten Parallaxen, sowie einige andere benutzt. Als mittleres Ergebnis aus allem benutzten Materiale findet sich

---

[1]) Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen. No. 8.

folgende Parallaxe für die entsprechende mittlere Helligkeit und Eigenbewegungen von Fixsternen:

Mittlere Helligkeit der Sterne	Mittlere jährliche Eigenbewegung	Mittlere Parallaxe
6.15 Grösse	4.33″	0.257″
5.31 „	1.43	0.135
4.46 „	0.50	0.164

Diese Zahlen sind Rechnungsergebnisse, denen eine bestimmte physische Bedeutung nicht beigelegt werden darf. Ihre Bedeutung liegt darin, zu zeigen, dass eine Beziehung zwischen Parallaxe und Eigenbewegung der Fixsterne nicht erkennbar ist.

Die Wärmestrahlung einiger Fixsterne ist auf der Yerkessternwarte von E. F. Nichols mit einem überaus empfindlichen Radiometer gemessen worden. Die Messungen ergaben für Wega, Arktur und Jupiter positive Werte, während das Ergebnis für Saturn an der Grenze der Empfindlichkeit des Apparates liegt. Wurde die Absorption der Strahlung in der Atmosphäre unter Benutzung der Müllerschen Extinktionstabelle berücksichtigt, so fanden sich folgende relative Werte für die Wärmestrahlung: Wega = 1, Arktur = 2.2, Jupiter = 4.7, während die Helligkeitsverhältnisse dieser Sterne sind: Wega = 1, Arktur = 1, Jupiter = 7.9. Hiernach würde der (rötliche) Arktur uns mehr Wärme zusenden als die (weisse) Wega, und Jupiter am meisten, wenngleich im Verhältnisse zu seiner Helligkeit am wenigsten.

Spektroskopische Eigenbewegung von Fixsternen. Prof. W. W. Campbell teilt von neuen Ergebnissen, welche mit den Mills' Spektrographen am 36-Zoller der Lickstemwarte erhalten sind, folgendes mit.[1]) Die meisten Photographien aus denen die Resultate abgeleitet wurden, sind vom Assistentastronomen W. G. Wright, die übrigen von Dr. Reese und Prof. Campbell aufgenommen worden.

1. Sterne mit veränderlicher Geschwindigkeit in der Gesichtslinie. π Cephei (α 23^h 5^m, δ + 74° 51′). Der Doppelsterncharakter dieses Fixsternes wurde schon im August 1899 vermutet, spätere Messungen bestätigten ihn. Die Messungen der spektroskopischen Aufnahmen ergaben folgende Geschwindigkeit in der Sekunde (— bedeutet Annäherung an die Erde, + Entfernung von derselben):

1899 August 8	:	— 33 *km*
„ 23	:	— 36 „
„ 29	:	— 37 „
1900 Oktbr. 7	:	— 5 „
Dezbr. 24	:	— 23 „

O_1 Cygni (α 20^h 10^m, δ + 46° 26′). Die Veränderlichkeit der Eigenbewegung wurde im Juli 1900 erkannt. Folgende Messungen sind bis jetzt erhalten worden:

[1]) Lick-Observatory. Bulletin No. 4.

1899	Juni	20	— 12 *km*
	Juli	2	— 11 „
1900	Juli	30	— 8 „
	August	12	— 8 „
	Oktbr.	7	± 0 „
1901	Juni	5	+ 3. „

Auf der Harvardsternwarte wurde gefunden, dass dieser Stern ein zusammengesetztes Spektrum besitzt.[1])

ξ Piscium (α 1^h^ 48^m^, δ + 2° 42′). Die veränderliche Geschwindigkeit dieses Sternes wurde in September 1900 entdeckt; sie rangiert gemäss der bisherigen Aufnahmen zwischen + 25 und + 35 *km*.

τ Persei (α $2^h\,47^m$, δ + 52° 22′). Im Oktober 1900 als Stern von veränderlicher Geschwindigkeit erkannt. Es liegen bis jetzt sechs Messungen vor; die früheste 1898 Oktbr. 26 ergab + 10 *km*, die jüngste 1900 Dezbr. 17 dagegen — 4 *km*. Auch dieser Stern besitzt nach den Beobachtungen der Harvardsternwarte ein zusammengesetztes Spektrum.

ξ^1 Ceti (α $2^h\,8^m$, δ + 8° 23′) Im Oktober 1900 als Stern mit veränderlicher Geschwindigkeit erkannt; letztere schwankt nach den fünf bisherigen Aufnahmen zwischen — 9 und + 4 *km*.

ε Hydrae (α $8^h\,42^m$, δ + 6° 48′). Die veränderliche Geschwindigkeit dieses Sternes wurde im Dezember erkannt. Folgende Ergebnisse darüber liegen vor:

1899	November	27 :	+ 48 *km*
	Dezember	26 :	+ 43 „
1900	Dezember	8 :	+ 35 „
	„	24 :	+ 40 „
1901	April	23 :	+ 32 „

2. Geschwindigkeit im System δ Equulei. Dieser Doppelstern wurde 1852 als solcher von Otto Struve erkannt und die Umlaufszeit zu 11.4 Jahren angenommen. Indessen zeigte im September 1900 Aitken, dass diese Bahn den Beobachtungen nicht mehr genügt, und Hussey machte wahrscheinlich, dass die Umlaufsdauer nur 5.7 Jahre beträgt.[2]) Ende Juni 1900 ergab die Aufnahme mit dem Millsspektrographen als Eigengeschwindigkeit des Sternes — 14 und — 13 *km*. Neue Aufnahmen im Frühlinge 1901 liessen die Spektra beider Komponenten deutlich erkennen und führten auf eine relative Geschwindigkeit von etwa 35 *km*. Die nächsten Monate werden nun die Entscheidung bringen können, ob die Umdrehungsperiode 5.7 Jahre beträgt oder länger ist.

3. Radialgeschwindigkeit im Systeme des Polarsternes. Im August 1899 wurde mit dem Millsschen Spektrographen erkannt, dass der Polarstern dreifach ist. Wenige Aufnahmen genügten zum Nachweisse, dass die hellere Komponente sich um den mit einem unsichtbaren Begleiter gemeinsamen Schwerpunkt in

---

1) Annals H. C. U. 28. p. 93.
2) Publ. a. d. P. 12. p. 215.

3^d 23^h bewegt. Die Beobachtungen bis 1899 lieferten als genauern Wert dieser Periode: 3^d 23^h 14.3^m. Die Geschwindigkeit des Zentrums der Masse dieses Systemes variiert zwischen — 18.0 *km* (1896) und — 11.8 *km* (1899), woraus folgt, dass dieses Massenzentrum zusammen mit einem dritten Begleiter noch eine Bewegung von längerer Periode besitzt. Neuere Messungen bis Mitte 1901 haben dies bestätigt.

4. Die radialen Geschwindigkeiten von α Persei und ϑ Ursae majoris betragen resp. 2.0 und 14.7 *km* nach den Messungen der Spektrogramme, welche mit dem Millsschen Spektrographen aufgenommen wurden. Für jenen Stern hatte Newall, für diesen Belopolsky veränderliche Geschwindigkeiten gefunden, beider Angaben werden also nicht bestätigt.

5. Die veränderliche Geschwindigkeit von δ Orionis in der Gesichtslinie ist von Deslandres entdeckt worden. Sie wird durch folgende drei Aufnahmen von Wright bestätigt:

1900 August 12 : + 3 *km*
„ 20 : + 51 „
Septbr. 17 : — 69 „

6. Die Geschwindigkeit des Sternes Groombridge 1830 in der Gesichtslinie. Dieser Stern besitzt die starke Eigenbewegung von 7.05″ pro Jahr in seiner Parallaxe, ist nach Newcomb wahrscheinlich 0.14″; woraus folgen würde, dass seine wahre Geschwindigkeit senkrecht zur Gesichtslinie 240 *km* in der Sekunde betragen würde. Es ist sonach von grösster Wichtigkeit, die Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie durch den Spektrographen zu bestimmen. Dies ist auf der Licksternwarte befriedigend gelungen. Die beiden besten Spektrumaufnahmen 1901 März 18 und April 1 ergaben — 93 und 97 *km* Geschwindigkeit in der Sekunde, im Mittel — 95 *km* mit einer möglichen Unsicherheit von etwa $\pm$ 5 *km*. Der Stern ist 6.5 Gr. und sein Spektrum vom Typus des Sonnenspektrums.

Die Bahn des Doppelsternes η Cassiopejae ist von W. Doberck unter Zuziehung der Beobachtungen bis zum Jahre 1901 neu berechnet worden. Die Bahnelemente, welche er als die wahrscheinlichsten betrachtet, sind folgende:

Umlaufsdauer (P) = 327.87 Jahre.
Zeit des Periastrons (T) = 899.00.
Halbe grosse Axe der scheinbaren Bahn (a) = 9.48″.
Exzentrizität (e) = 0.4091.
Knoten (Ω) = 78° 48′.
Entfernung des Knotens vom Periastron (λ) = 131° 36′,
Neigung der Bahnebene gegen die Himmelskugel (γ) = 32° 17′.

Nimmt man die von O. Struve gefundene Parallaxe von η Cassiopejae als richtig an, so ergiebt sich aus den obigen Bahn-

elementen, dass die Summe der Massen beider Komponenten 2.17 mal so gross ist als die Masse unserer Sonne.

Bahnbestimmung des Doppelsternes Σ 367. Ein solche hat Prof. D. S. von Glasenapp ausgeführt.[1]) Der Ort des Sternes für 1900,0 ist: $\alpha = 3^h\ 8^m\ 54^s$, $\delta = +3^{\circ}\ 21'\ 58''$. Der höchste ist 7.8, als Begleiter 7.9 Gr. Bis 1899 hatte der Begleiter einen Bogen von 93° beschrieben.

Aus den Beobachtungen hat der Berechner neun Normalörter gebildet und aus diesen folgendes definitive Elementarsystem abgeleitet:

$$T = 1912.10$$
$$U = 224.0 \text{ Jahre}$$
$$n = -1.6076^{\circ}$$
$$\Omega = 70.70^{\circ}$$
$$\lambda = 49.40^{\circ}$$
$$i = 10.31^{\circ}$$
$$a = 0.64''$$
$$e = 0.58$$

Bahnbestimmung des Doppelsternes ζ Herculis. Eine eingehende Untersuchung alles über diesen Doppelstern vorhandenen Beobachtungsmateriales hat unlängst T. Lewis ausgeführt.[2]) Der Ort des Hauptsternes ist (für 1900) Rektaszension $16^h\ 37^m\ 31^s$ Deklination $+31^{\circ}\ 46'\ 59''$, seine scheinbare Helligkeit 3.0 Grösse und gelb, der Begleiter 6.5 Grösse und bläulichgrün. Die Untersuchungen von Lewis erstrecken sich auf eine Diskussion aller Mikrometermessungen, welche über das Sternpaar vorliegen, sowie der Meridianbeobachtungen und deren Kombination mit den mikrometrischen Messungen, dann auf Ableitung der daraus folgenden Ergebnisse und Bemerkungen über Helligkeit, Farbe und Eigenbewegung des Doppelsternes.

Die Mikrometermessungen beginnen mit den Messungen Struves 1826.6 und schliessen mit 1900.6, umfassen also einen Zeitraum von 74 Jahren, entsprechend mehr als zwei Umläufen des Begleiters. Regelmässige Meridianbeobachtungen des Hauptsternes liegen seit 1850 nur von der Greenwicher Sternwarte vor, doch schien es wünschenswert, auch frühere, wenn auch vereinzelte Meridianbeobachtungen als Vergleich benutzen zu können, und Lewis hat diese, soweit als erreichbar, gesammelt und diskutiert.

Um zunächst einen allgemeinen Überblick über die Messungsergebnisse in Bezug auf die Stellung des Begleiters zu dem Hauptsterne zu gewinnen, hat Lewis alle Beobachtungen der Distanzen und Positionswinkel nach Jahren geordnet und in einer Figur zusammengestellt. Die Herschelsche vereinzelte Beobachtung von 1782 ist auch eingetragen, ebenso die Richtung (Positionswinkel), in welcher der Begleiter 1803 stand. Zuverlässige Beobachtungen

[1]) Astron. Nachr. No. 3669.
[2]) Monthly Notices 61. No. 2. p. 74.

beginnen mit 1827, und die Örter des Begleiters seit diesem Jahre, gemäss den Beobachtungen, wurden durch eine Linie miteinander verbunden. Man sieht sogleich, dass der Begleiter bis 1900 mehr als zwei volle Umläufe um den Hauptstern A gemacht hat, aber auch zeigt sich, dass sämtliche Beobachtungen nicht durch eine und dieselbe Ellipse dargestellt werden können. Die Positionen von 1832 bis 1860 liegen innerhalb der krummen Linie, welche die Positionen von 1867 bis 1895 darstellt. Infolgedessen hat Lewis jede dieser beiden Positionen getrennt für sich untersucht und dargestellt. In ähnlicher Weise die Positionen von 1867 bis 1899 und diejenige Ellipse, welche ihnen am besten entspricht. Beide Ellipsen stellen demnach die scheinbare Bahn dar, welche während der betreffenden Periode der Begleiter am Himmel um seinen Hauptstern beschrieben hat. Aus diesen scheinbaren hat dann Lewis die wahren Bahnen durch Rechnung abgeleitet und findet dafür;

Zeit des Periastrons P	1864.03	1898.09
Umlaufsdauer, Jahre T	32.4	33.9
Halbe grosse Axe der Bahn a	1.25″	1.40″
Exzentrizität e	0.504	0.560
Knoten Ω	25° 29′	40° 59′
Neigung der Bahn γ	46° 42′	50° 18′
Winkel zwischen Knoten und Periastron λ .	254° 36′	258° 48′

Bei diesen Berechnungen sind die Beobachtungen von 1782, 1803, 1826 und 1829, weil vereinzelt, nicht berücksichtigt worden. Dagegen hat früher (1842) Mädler eine Bahnberechnung dieses Doppelsternes ausgeführt, bei welcher die hier ausgeschlossenen Beobachtungen naturgemäss eine grosse Rolle spielen. Stellt man diese Rechnung Mädlers mit den obigen beiden Bahnberechnungen in chronologischer Ordnung zusammen, so erhält man für die Bahnelemente des Begleiters folgende Übersicht:

	T	P	a	e	Ω	γ	λ
1.	1829.50	31.46	1.19″	0.455	39°	51°	262°
2.	1864.03	32.4	1.25	0.504	35	47	255
3.	1898.09	33.9	1.40	0.560	41	50	259

Vergleicht man diese Bahnelemente miteinander, so erkennt man in P, a und e eine deutliche Zunahme; ferner ergiebt sich die Umlaufsdauer (T) aus der Bewegung in jeder der drei Ellipsen abgeleitet, wesentlich verschieden von derjenigen, welche man erhält, wenn man die Zeiten des Periastrons (P) miteinander vergleicht, und woraus sich im Mittel die Umlaufsdauer zu 34.3 Jahren ergiebt. Die Knotenlinie und die Neigung der Bahn sind dagegen augenscheinlich ziemlich unverändert geblieben. Die Zeichnungen zeigen, dass die gemessenen Distanzen des Begleiters vom Hauptstern periodisch grösser und kleiner sind, als die mittlere Bahn; dies deutet darauf, dass noch ein dritter Körper in dem Systeme vorhanden, also entweder der Hauptstern oder der Begleiter wiederum doppelt ist und sich mit dem sichtbaren Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt bewegt.

ungleicher Weise zu. Die Sterndichtigkeit bleibt grösser in der Richtung gegen den nördlichen Himmelspol hin, als auf der entgegengesetzten Seite.

4. Die Orte der geringsten Sternanhäufung liegen überall nahe beim Himmelsäquator, mit Ausnahme der schwächsten Sterne.

5. Die Orte der geringern Sterndichten, wenn sie in der Milchstrasse selbst oder nahe bei ihr liegen, zeigen sich stets nahe dem Durchschnittspunkte der Milchstrasse mit dem Himmelsäquator.

6. Südlich vom Himmelsäquator (bis 20° südl. Deklination) trifft man vom Äquator gegen den südlichen Pol der Milchstrasse hin eine Zunahme in der Häufigkeit der Sterne der Klasse I—V. Die Sterne der Klasse VI bleiben gleich häufig, aber diejenigen der Klassen VII und VIII verhalten sich umgekehrt.

7. Fasst man alle Einzelheiten zusammen, so findet man, dass die in den Sätzen 1—6 ausgesprochene Anordnung den Sternklassen I—V durchaus gemeinsam ist. Die Klassen VII—VIII zeigen die entgegengesetzte Ordnung, und Klasse VI bildet zwischen beiden Anordnungen die Grenze.

8. Die Teilung der Milchstrasse, welche sich am Himmel vom Schwane bis zum Schützen hinzieht, zeigt sich in der Verteilung der Sterne der 1.—9.5 Grösse durchaus nicht. Diese Thatsache war schon Argelander bekannt.

9. Die breiten und schmalen Stellen der Milchstrasse im allgemeinen fallen nicht mit ähnlichen Ausdehnungen der Sternhäufigkeit der Grössenklassen 1—9.5 zusammen.

10. Die hellsten Stellen der Milchstrasse fallen im allgemeinen mit den sternreichsten Gegenden der Bonner Durchmusterungen nicht zusammen.

Indem Stratanoff diese sämtlichen Thatsachen in Betracht zieht, kommt er zu folgenden Schlussfolgerungen:

Die Mehrzahl der Sterne, welche in unsern Breiten sichtbar sind, gehört zu einer gewaltigen Sternanhäufung, deren zentrale Region im Sternbilde des Schwanes sichtbar ist, aber auch einen Teil der Sternbilder Cepheus, Leyer, Fuchs und Pfeil umfasst. Diese Sternanhäufung oder, kurz gesagt, dieser Sternhaufen liegt merklich in der Ebene der Milchstrasse und macht sich bereits von den Sternen 5. Grösse ab bemerkbar; seine scheinbaren Konturen treten indessen noch deutlicher in der Anhäufung der Sterne von der 7. Grösse an hervor. Seine allgemeine Form zeichnet sich fast unverändert auch in der Verteilung der Sterne bis zur Grösse 9.5 ab. Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese Sternanhäufung auch in der Verteilung der Sterne des südlichen Himmels hervortreten wird. Eine analoge, aber kleinere Sternanhäufung zeigt sich in ihrem Zentrum im Sternbilde des Fuhrmanns. Man bemerkt sie von den Sternen 6.5 — 7. Grösse an, sie findet sich auch deutlich ausgesprochen bis zu den Sternen einschliesslich 8.5 Grösse, darüber

hinaus lässt sie sich nur in Spuren erkennen. Ihre Sterndichte ist geringer als die des erstgenannten grossen Sternhaufens. Sie berührt diesen und ist möglicherweise nur ein etwas entfernter Teil desselben. Eine dritte Sternkondensation hat ihr Zentrum in den Zwillingen, im Einhorn und im grossen und kleinen Hunde, vielleicht auch noch in andern Sternbildern, jenseits von 2° südlicher Breite. Sie wird erst sichtbar in der Verteilung der Sterne von der 7.6 Grösse ab bis zu denjenigen 9.—10. Grösse, ihre Dichte ist beträchtlich, und sie umfasst einen grossen Teil des Himmels. Das sind die Folgerungen, aus den unmittelbaren Thatsachen; es fragt sich, wie sie unter höhern Gesichtspunkten zu vereinigen sind, d. h. welche Schlüsse daraus auf den Bau des Sternenhimmels gezogen werden dürfen oder müssen.

Über die Entfernungen der Fixsterne wissen wir mit wenigen Ausnahmen nichts Sicheres, ausser dass sie ungemein gross sind, so dass selbst die Entfernung der Erde von der Sonne daneben zu einer kleinen Grösse zusammenschrumpft. Die natürlichste Annahme ist ferner, dass die lichtschwachen Sterne die entferntern sind, sobald die Zahl der dabei in Betracht gezogenen Sterne gross ist. Aus dieser Voraussetzung folgt dann, dass im allgemeinen die Sterne der Klasse I uns näher sind als die der Klasse II, diese näher als die Sterne der Klasse III u. s. w. Hiernach bilden die der Klasse I eine kugelförmige Anordnung, die der Klasse II eine sphärische Schicht um diese Kugel, die der Klasse III wiederum eine sphärische Schicht um die vorhergehende u. s. f. Prüft man nun unter diesen Voraussetzungen die Stratanoffschen Karten, so finden sich so grosse Abweichungen, dass die Voraussetzung einer regelmässigen Anordnung der sämtlichen Sterne nach dem obigen Schema nur als sehr rohe Annäherung gelten kann. Stratanoff findet vielmehr wahrscheinlich, dass unsere Sonne ein Glied der ersten oben erwähnten grossen Sternanhäufung ist, und dass dieser grosse Sternhaufen von mehrern andern, kleinern, begleitet wird. Die zweite Sternanhäufung ist weiter von uns entfernt, sie erstreckt sich auf die Distanzen der Sterne 6.5 — 8.5 Grösse. Die dritte Sternanhäufung beginnt erst in den grossen Entfernungen der Sterne 7.6 — 8.0 Grösse. Möglicherweise sind diese beiden Sternhaufen auch von kleinern begleitet, indessen gestatten unsere Beobachtungen nicht, darüber etwas Bestimmtes zu äussern. Die Milchstrasse selbst betrachtet Stratanoff als bestehend aus einer unbestimmt grossen Anzahl gewaltiger Sternanhäufungen, man könnte sagen von Sternwolken, die einander so nahe stehen, dass sie sich gegenseitig berühren, und die wesentlich alle in einer Ebene liegen, welche die Ebene der Milchstrasse ist. Dieser Bau der Milchstrasse wird, wie Stratanoff mit Recht betont, auch durch die photographischen Aufnahmen derselben bestätigt, ja der Anblick einzelner Teile derselben mit blossem Auge spricht entschieden dafür. Die ganze Region

der Milchstrasse zwischen der Cassiopeja und dem Schützen macht den Eindruck, dass sie aus grossen Wolken von Sternen zusammengesetzt ist. Die dunklen Stellen, die von W. Herschel sogenannten »Öffnungen im Himmel«, sind nichts anderes als Zwischenräume zwischen den einzelnen Sternwolken, die uns den Ausblick in die unbegrenzte Tiefe eines sternleeren Raumes gestatten.

Stratanoff hat auch die Verteilung der Sterne der einzelnen Spektralklassen über den Himmel untersucht, und zwar an der Hand des Draperschen Kataloges,[1]) welcher die photographischen Spektra von 10351 Sternen aufzählt, doch sind die Ergebnisse bezüglich der Frage nach der Anordnung des Weltbaues nicht entscheidend. Wichtiger sind dagegen die Untersuchungen Stratanoffs über die Verteilung der Nebelflecke und Sternhaufen. Schon J. Herschel hat, nachdem er am Kap den südlichen Himmel durchmustert, die Verteilung der ihm bekannten 4000 Objekte der Himmelssphäre studiert. Diese Arbeit hat nach dem Erscheinen des »Generalkataloges der Nebel und Sternhaufen« A. Abbe wiederholt, und endlich ist der »Neue Generalkatalog«, welcher 7840 Objekte enthält, nach derselben Richtung hin von Bauschinger untersucht worden.[2]) Stratanoff hat seine bezügliche Arbeit auf die beiden Kataloge von Dreyer[3]), sowie auf das übrige ihm zugängliche Material gestützt und 9943 Objekte zusammengebracht, worunter 679 Sternhaufen sind. Er unterscheidet die Nebelflecke in schwache, glänzende, kleine und ausgedehnte, doch hat diese Unterscheidung mancherlei Willkürliches. Als Ergebnis findet Stratanoff, dass die Milchstrasse arm an Nebelflecken ist, dass dagegen deren Zahl in den Regionen nahe den Polen der Milchstrasse überwiegt. Nur die planetarischen und ringförmigen Nebel finden sich hauptsächlich in oder nahe der Milchstrasse. Was die Sternhaufen betrifft, so finden sich dieselben im allgemeinen am zahlreichsten in der Milchstrasse, nur die kugelförmigen Sternhaufen machen eine Ausnahme und sind nahezu gleichförmig über den ganzen Himmel zerstreut.

Zahl der Sterne bei photographischen Aufnahmen von verschiedener Dauer der Exponierung. W. Stratanoff vom Taschkentobservatorium hat hierüber eine interessante Mitteilung veröffentlicht.[4]) Im Sommer 1899 machte er am dortigen photographischen Refraktor von 33 *cm* Öffnung eine Aufnahme der Sternhaufen h und χ im Perseus von 30 Stunden Expositionsdauer, die längste Dauer, soweit bis jetzt bekannt. Die Platten wurden

[1]) Ann. of the astr. obs. of Harvard Coll. 27.
[2]) Vierteljahrsschrift der deutsch. astron. Gesellsch. 24. p. 45.
[3]) A New General Catalogue of Nebulae and Clusters of stars. Mem. of the R. A. S. 1888, XLIX. Index Catal. of Nebulae found in the years 1888—1894. Mem. of the R. A. S. 1895. LI.
[4]) Astron. Nachr. No. 3710.

während zehn Nächten, vom 5. — 17. August, exponiert, trotzdem sind die Scheibchen der Sterne genügend rund, und die aufmerksamste Prüfung der Platten zeigt nirgendwo die geringste Spur von Nebeligkeit. Die Gesamtzahl der dargestellten Sterne ist nicht so bedeutend, als man bei diesem mitten in der Milchstrasse liegenden Sternhaufen hätte erwarten können; sie beträgt auf einer Fläche des Himmels von vier Quadratgrad 45 000 Sterne. Augenscheinlich sind die beiden Haufen h und χ im Perseus nicht sehr reich an Sternen, was auch durch das Studium der Verteilung der Sterne der verschiedenen Grössenklassen in diesem Haufen bestätigt wird.[1] Die photographischen Aufnahmen mit langen Expositionen haben für das Studium über den Bau des Universums eine grosse Tragweite. Aus diesem Grunde giebt W. Stratanoff einige Sternzählungen pro Quadratgrad in identischen Regionen des Himmels, aber bei verschiedener Expositionsdauer der Platten. Es sind folgende:

Expositionsdauer	Zahl der Sterne pro Quadratgrad.
Plejaden.	
0.1 h	100
0.3	160
3.0	600
10.0	1800
24.0	1700
Ringnebel in der Leyer.	
0.5 h	600
0.4	1900
1.0	6000
20.0	10000
Sternhaufen h und χ im Perseus.	
0.1 h	250
0.4	600
2.0	2000
5.0	4500
30.0	11000

Zur Ergänzung fügt Stratanoff noch einige Zählungen auf Clichés bei, die am Kap mit einem gleichgrossen Instrumente erhalten wurden, und zwar in der Umgebung von η Argus:

Expositionsdauer	Zahl der Sterne pro Quadratgrad
$8^1/_4$ h	10000
12	50000
24	100000

Man darf übrigens nicht übersehen, dass alle diese sternreichen Gegenden nahe der Milchstrasse sich befinden.

Parallaxenbestimmung von südlichen Fixsternen. Auf dem Kapobservatorium sind seit 1887 mit einem ausgezeichneten 7-zolligen Heliometer Untersuchungen über die Parallaxen einer Anzahl von Sternen des Südhimmels ausgeführt worden. Die Er-

[1]) Publ. de l'obs. de Taschkent No. 2. p. 28.

Bezeichnung des Sternes	Rektasz.			Deklin.	Helligkeit	Epoche	p	d
	h	m	s	° ′			°	″
Hu. 301. DM. +10°541	4	3	38	+10 30.0	8.5 u. 9.6	1901.39	299.8	0.75
302. DM. +22°651	4	7	17	+22 42.2	9.5 u. 9.5	1901.72	164.1	0.25
303. DM. +21°639	4	18	6	+21 18.5	8.5 u. 12.0	1901.79	199.1	2.15
304. 66 Tauri	4	18	25	+ 9 13.7	5.9 u. 5.9	1901.39	23.9	0.25
305. DM. +20°783	4	31	1	+20 50.5	9.0 u. 10.2	1901.79	277.0	2.21
306. DM. —17°4300	15	13	49	—17 58.2	9.5 u. 9.8	1901.58	123.4	0.27
307. DM. —16°4067	15	17	2	—16 33.8	9.1 u. 9.5	1901.55	2.9	2.98
308. DM. —15°4103	15	20	9	—15 22.2	9.0 u. 12.1	1901.57	297.9	0.58
309. DM. —16°4086	15	10	56	—16 44.5	9.0 u. 10.0	1901.56	51.3	1.49
310. DM. —14°4209	15	22	53	—14 23.7	9.1 u. 12.7	1901.58	249.7	0.89
311. DM. —16°4269	16	13	58	—16 14.6	8.5 u. 12.2	1901.59	216.4	1.16
312. DM. —17°4630	16	40	29	—17 9.7	8.6 u. 8.8	1091.62	87.1	3.66
313. DM. —17°4630	16	40	50	—17 32.3	9.3 u. 10.5	1901.63	311.7	0.37
314. DM. +18°3566	18	4	6	+18 37.2	8.3 u. 8.5	1901.50	146.6	0.35
315. DM. +23°3272	18	4	53	+23 33.4	9.3 u. 9.3	1901.69	47.1	0.44
316. DM. +18°3578	18	5	57	+18 15.4	9.0 u. 10.1	1901.50	156.8	1.75
317. DM. +17°3470	18	6	54	+17 11.9	8.5 u. 8.8	1901.54	21.4	1.87
318. DM. +23°3283	18	10	25	+23 33.4	10.0 u. 11.0	1901.69	166.2	0.61
319. DM. +22°3325	18	12	16	+22 47.0	9.2 u. 9.6	1901.69	71.7	0.34
320. DM. +16°3515	18	24	11	+16 9.9	9.2 u. 9.6	1901.60	143.7	2.04
321. DM. +23°3357	18	27	32	+23 5.7	9.3 u. 11.1	1901.66	340.1	4.41
322. DM. +17°3627	18	29	20	+17 39.3	8.0 u. 8.2	1901.61	86.3	0.19
323. DM. +21°3495	18	32	32	+21 15.0	8.9 u. 10.2	1901.75	152.8	0.22
324. DM. +21°3518	18	36	36	+21 36.1	9.1 u. 11.0	1901.75	113.2	0.63
325. DM. +20°3919	18	40	1	+20 46.2	9.3 u. 10.0	1901.77	12.6	0.32
326. DM. +23°3463	18	44	28	+23 23.5	8.7 u. 9.0	1901.79	101.3	0.24
327. DM. +21°3565	18	45	29	+21 17.4	9.0 u. 9.1	1901.79	97.0	0.25

Bezeichnung des Sternes	Rektasz.			Deklin.	Helligkeit	Epoche	p	d
	h	m	s	° ′			°	″
Hu. 328. DM. + 20°3950	18	45	42	+20 36.4	9.0 u. 10.8	1901.79	189.0	4.70
329. DM. + 21°3619	18	53	10	+21 20.8	9.1 u. 9.6	1901.79	62.0	0.16
330. DM. + 19°3856	18	54	19	+19 27.7	9.0 u. 9.3	1901.60	31.1	0.75
331. DM. + 17°3881	18	54	41	+18 1.9	8.4 u. 12.4	1901.60	193.4	0.82
332. DM. + 22°3545	18	54	50	+22 21.8	8.8 u. 9.0	1901.79	197.7	0.38
333. DM. + 17°3881	19	7	17	+17 43.1	8.1 u. 13.2	1901.54	85.6	2.01
334. DM. + 17°3883	19	7	25	+17 59.1	8.5 u. 11.0	1901.54	244.9	1.58
335. DM. + 19°3949	19	9	12	+20 1.7	7.3 u. 11.0	1901.61	222.3	0.49
336. DM. + 18°4017	19	12	50	+18 42.3	8.9 u. 9.2	1901.60	199.8	1.49
337. DM. + 17°3924	19	14	21	+17 25.4	8.6 u. 9.0	1901.51	68.6	0.27
338. DM. + 17°3935	19	16	40	+17 30.5	9.4 u. 9.4	1901.51	109.4	0.31
339. DM. + 18°4063	19	20	38	+18 27.2	8.6 u. 8.6	1901.53	44.5	0.53
340. DM. + 18°4092	19	28	55	+18 16.8	9.0 u. 9.3	1901.53	124.8	0.84
341. — —	19	29	6	+18 27.5	9.3 u. 12.0	1901.60	120.2	2.17
342. DM. + 17°4029	19	32	38	+17 9.3	9.0 u. 9.8	1901.60	255.1	4.69
343. DM. + 16°3976	19	38	20	+16 56.7	9.1 u. 9.5	1901.61	26.4	0.22
344. DM. + 18°4232	19	41	48	+18 6.9	8.9 u. 10.5	1901.56	329.7	0.29
345. DM. + 17°4084	19	42	16	+17 18.5	9.0 u. 9.8	1901.54	104.1	3.87
346. DM. + 16°4019	19	43	5	+16 51.6	8.8 u. 9.5	1901.57	182.8	0.57
347. DM. + 18°4242	19	43	10	+19 2.1	8.5 u. 11.5	1901.56	340.6	1.06
348. DM. + 16°4007	19	43	42	+16 56.0	9.0 u. 12.8	1901.57	114.0	1.36
349. DM. + 16°4023	19	25	28	+16 46.6	8.4 u. 12.8	1901.55	237.1	2.40
350. DM. + 19°4183	19	47	11	+19 53.3	8.9 u. 9.3	1901.55	46.2	3.40
351. DM. + 19°4187	19	47	48	+19 35.8	8.0 u. 12.2	1901.55	153.0	2.00
352. DM. + 17°4188	19	55	51	+17 40.1	8.6 u. 9.1	1901.79	261.5	0.23
353. DM. + 19°4258	19	58	13	+19 48.8	8.9 u. 10.5	1901.79	338.6	0.41
354. DM. + 17°4233	20	4	43	+18 4.2	8.8 u. 13.0	1901.69	18.7	0.56

Bezeichnung des Sternes	Rektasz.			Deklin.	Helligkeit	Epoche	p	d
	h	m	s	° ′			°	″
Hu. 355. DM. + 19°4299	20	4	52	+19 46.5	9.0 u. 13.0	1901.67	351.9	1.07
356. DM. — 12°5686	20	13	23	+12 20.0	9.4 u. 9.5	1901.28	91.0	0.72
357. DM. + 17°4282	20	13	43	+18 1.0	7.5 u. 12.6	1901.68	197.0	1.87
358. DM. — 11°5300	20	14	30	—11 27.1	9.1 u. 10.5	1901.61	95.5	0.47
359. DM. + 18°4460	20	15	32	+18 29.4	9.5 u. 9.5	1901.64	30.9	0.32
360. DM. + 16°4227	20	15	56	+16 14.7	9.3 u. 9.3	1901.75	136.7	0.22
361. DM. + 18°4485	20	19	46	+18 49.3	8.5 u. 12.3	1901.64	189.7	0.43
362. DM. + 18°4569	20	34	57	+18 35.8	9.0 u. 9.4	1901.60	305.7	0.51
363. DM. + 17°4477	20	54	8	+17 59.4	9.3 u. 9.3	1901.68	94.3	0.60
364. DM. + 22°4306	21	2	21	+22 41.5	9.5 u. 9.8	1901.66	85.2	0.29
365. DM. + 17°4509	21	4	17	+17 23.5	9.0 u. 13.2	1901.63	17.4	1.04
366. DM. — 17°6195	21	4	20	—17 39.1	9.4 u. 9.8	1901.33	279.1	0.27
367. DM. + 16°4468	21	5	53	+16 25.6	8.9 u. 9.8	1901.63	10.1	0.28
368. DM. + 17°4542	21	13	17	+18 5.9	9.0 u. 10.7	1901.63	41.7	0.37
369. DM. + 16°4523	21	18	53	+16 51.2	8.9 u. 12.8	1901.63	12.5	1.35
370. DM. + 20°4906	21	20	6	+20 50.1	8.8 u. 13.6	1901.68	110.3	2.04
371. DM. + 23°4346	21	30	55	+24 0.4	7.0 u. 7.5	1901.78	162.7	0.22
372. DM. + 22°4445	21	33	44	+23 8.9	9.0 u. 9.0	1901.78	142.2	0.30
373. DM. + 17°4626	21	37	42	+17 122.8	8.5 u. 12.0	1901.63	317.0	0.91
374. DM. + 23°4379	21	38	52	+23 25.7	9.0 u. 9.0	1901.78	38.5	0.33
375. DM. — 16°5938	21	39	36	—16 3.4	9.0 u. 9.2	1901.98	169.6	0.42
376. DM. + 19°4780	21	41	30	+19 33.8	8.5 u. 12.0	1901.64	17.7	1.47
377. DM. — 21°6093	21	41	56	—21 13.5	(A = 9.5, B = 9.8, C = 11.8.)			
					A u. B	1901.31	138.6	0.54
					AB u. C	1901.13	341.8	4.69
378. DM. + 20°5016	21	43	24	+20 31.8	9.0 u. 9.8	1901.13	345.9	0.61

Bezeichnung des Sternes	Rektasz. h m s	Deklin. ° ′	Helligkeit	Epoche	p °	d ″
Hu. 379. DM. + 4°4759	21 48 1	+ 4 50.2	9.0 u. 10.5	1901.11	253.5	1.37
380. DM. — 20°6313	21 48 12	—20 29.0[1])	9.5 u. 9.5	1901.31	56.2	0.39
381. DM. + 5°4903	21 51 32	+ 6 4.3	9.4 u. 9.5	1901.27	41.7	0.54
382. DM. + 18°4892	21 51 48	+19 11.8	9.2 u. 9.6	1901.65	171.7	0.40
383. DM. + 20°5127	22 14 51	+20 36.9	9.0 u. 9.0	1901.70	42.6	0.24
384. DM. + 20°5135	22 17 35	+21 00.8	9.4 u. 11.0	1901.72	318.8	0.30
385. DM. + 21°4746	22 19 9	+22 1.6	8.7 u. 15.0	1901.73	76.8	1.35
386. DM. — 18°6130	22 22 38	—18 38.7	9 0 u. 11.5	1901.31	222.9	0.57
387. DM. — 8°5882	22 24 12	— 7 50.4	9.0 u. 12.0	1901.76	33.2	1.65
388. DM. + 21°4770	22 25 28	+21 57.3	8.0 u. 8.5	1901.73	141.3	0.24
389. DM. — 19°6299	22 28 46	—19 11.8	8.5 u. 8.7	1901.31	102.6	0.36
390. DM. — 19°6303	22 29 45	—18 56.0	8.4 u. 13.5	1901.18	97.8	0.82
391. DM. + 23°4575	22 32 40	+23 25.1	9.2 u. 10.5	1901.71	167.0	0.73
392. DM. + 18°5015	22 34 7	+18 18.7	9.2 u. 9.5	1901.65	344.5	0.51
393. DM. + 19°4976	22 34 19	+19 42.3	9.0 u. 11.5	1901.66	256.4	0.40
394. DM. + 5°5060	22 38 00	+ 6 5.7	9.8 u. 11.5	1901.31	70.0	0.64
395. DM. + 23°4595[2])	22 38 3	+23 16.5	9.3 u. 9.5	1901.71	141.1	0.49
396. DM. + 5°5105	22 49 51	+ 5 37.8	8.8 u. 11.5	1901.31	29.3	4.56
397. DM. + 18°5075	22 52 39	+18 46.7	9.1 u. 11.7	1901.66	263.0	1.13
398. DM. + 17°4853	22 57 27	+18 4.3	8.7 u. 9.0	1901.66	321.6	0.44
399. DM. — 16°6250	23 11 24	—16 6.7	8.5 u. 10.5	1901.11	322.7	0.70
400. DM. + 17°4891	23 12 39	+17 45.6	7.4 u. 8.8	1901.78	249.1	0.32

[1]) Dieses Paar ist der Begleiter von β 168.

[2]) Dieses Paar ist der Hauptstern von h 1800 = h 3136. Die Messung von A und C ergiebt: 1901.675, p = 64.8°, d = 11.28″.

Die bis Ende 1900 bekannten spektroskopischen Doppelsterne hat H. F. Newall zusammengestellt.[1]) Folgendes ist die Liste derselben:

Stern	Periode	Entdecker	Zeit der Entdeckung	Bemerkungen	Litteratur
α Virginis . .	4.013 Tage	Vogel	1889	Dunkler Begleiter	A. N. 125, p. 305. Pots. Obs. 7. p. 127.
β Persei . .	—	„	1889	Veränderlich	A. N. 123, p. 289. Pots. Obs. 7.
ζ Ursae Majoris	—	Pickering	1889	2 helle Sterne	Amer. Journ. Sci. 39. p. 46.
β Aurigae . .	—	Miss A. C. Maury	1891	2 „ „	4th Report of Draper Memorial, 1890.
β Lyrae . .	—	Pickering	1891	Veränderlich	A. N. 128, 39.
		Belopolsky	1892	—	„ 131, 139.
β Orionis . .	—	Vogel	1892	—	Pots. Beob. 7. p. etc. 146.
δ Cephei . .	5.375 Tage	Belopolsky	1894	Veränderlich	A. N. 136, 281. „ 140, 17.
μ_1 Scorpii . .	1.46 „	Bailey	1895	2 helle Sterne	„ 142, 11.
V Puppis . .	3.114 „	Pickering	1895	Lacaille, 3105 Cord. G. C. 10534	„ 142, 107.
η Aquilae . .	7.176 „	Belopolsky	1895	Veränderlich	Astroph. Journ. 6. p. 393. Wright. Astroph. Jour. 9. p. 59.
α_1 Geminorum	2.93 „	„	1896	Schwacher Begleiter d. Castor	Bull. Acad. St. Pet. 4. p. 341. Astroph. Journ. 5. p. 1. Mem. Spettr. Ital. 26. „ „ „ 28.
λ Tauri . .	3.91 „	„	1897	Veränderlich	A. N. 145, 281.
ζ Geminorum	5.875 „	Belopolsky	1898	—	„ 149, 239.
		Campbell	1899	—	Astroph. Journ. 9. p. 86.
β Lupi . . .	—	Mrs. Fleming	1898	—	Harv. Obs. Circular, 21 A. N. 145, 271.
η Pegasi . .	$2^1/_4$ Jahre	Campbell	1898	—	Astroph. Journ. 8. p. 159. 293. Belopolsky, A. N. 148. p. 127.
o Leonis . .	$14^1/_2$ Tage	„	1898	In Miss Maurys Liste zusammenges. Spektra	Astroph. Journ. 8. p. 159. 293.

[1]) Monthly Not. Roy. Soc. 1901. 61. No. 4. p. 261.

Stern	Periode	Entdecker	Zeit der Entdeckung	Bemerkungen	Litteratur
χ Draconis .	$9^1/_2$ Mon.	Campbell	1898	—	Astroph. Journ. 8. p. 289.
ϑ Ursae Majoris	5—7 Tage	Belopolsky	1899	—	A. N. 148, 331., „ 151, 39.
ι Pegasi . .	—	Campbell	1899	—	Astroph. Journ. 9. p. 310. Belopolsky, A. N. 154. p. 210.
ϑ Draconis .	—	„	1899	—	Astroph. Journ. 9. p. 311.
α Aurigae . .	104 Tage	Campbell Newall	1899	—	„ „ 10. p. 177. Monthly Notices, R.A.S. 60. p. 418.
ε Librae . .	einig. Mon.	Campbell	1899	—	Astroph. Journ. 10. p. 178.
h Draconis .	—	„	1899	—	„ „ „ 178.
λ Andromedae	19.2 Tage	„	1899	—	„ „ „ 178.
ε Ursae Majoris	—	„	1899	—	„ „ „ 178.
ω Draconis .	—	„	1899	—	„ „ „ 178.
α Ursae Minoris	3.95 Tage	„	1899	—	„ „ „ 180. Frost, Astroph. Journ. 10. p. 184. Belopolsky, A. N. 152. p. 199. Vogel, Sitzber. Berlin. Akad. 20. p. 388.
β Capricorni .	—	„	1899	—	Astroph. Journ. 10. 241.
υ Sagittarii .	—	„	1999	—	„ „ „ 241.
β Herkulis .	—	„	1900	—	„ „ 11. 140.
ε Leonis . .	—	W. S. Adams	1900	—	„ „ „ 307. Wright, Astroph. Journ. 414.
12 Persei . .	—	Campbell	1900	—	Astroph. Journ. 12. p. 254.
ξ Ursae Majoris	—	Wright	1900	Helle Komponente des Doppelsternes	„ „ „ 254.
93 Leonis . .	—	Campbell	1900	—	„ „ „ 254.
β Scuti . . .	—	Wright	1900	—	„ „ „ 254.
d Bootis . .	—	„	1900	—	„ „ „ 254.
113 Herculis .	—	„	1900	—	„ „ „ 254.
2 Scuti . .	—	„	1900	—	„ „ „ 254.
γ Andromedae	—	Campbell	1900	—	„ „ „ 254.
κ Pegasi . .	6 Tage	„	1900	Komponente v. Burnhams Doppelstern. Dunkler Begleiter	„ „ „ 256.
δ Orionis . .	1.92 Tage	Deslandres	1900	—	Compt. rend. 130.
α Persei . .	—	Newall	1900	—	Monthly Notices, 61. p. 12. Vogel, Sitzber. Berlin. Akad. 1901. p. 51.

Sterne mit eigentümlichem Spektrum. Prof. E. Pickering giebt ein Verzeichnis solcher Sterne, welche von Mrs. Fleming bei Untersuchung der Draper-Memorial-Photographs entdeckt worden sind.[1]) Die folgende Tabelle enthält dieses Verzeichnis. Die Bezeichnung Gal. long. und lat. giebt die auf die Ebene der Milchstrasse bezogenen Positionen der Objekte.

Bezeichnung	R. A. 1900	Dez. 1900	Grösse	Beschreibung
	h. m.	° ′		
	0 56.0	−72 42		V. Typus. Gal. long. 268° 10′, lat. −45° 15′.
	1 6.2	−73 44		Gasnebel. Gal. long. 267° 29′, lat. − 44° 9′.
	4 49.9	−69 21		„ Gal. long. 247° 21′, lat. − 35° 41′.
	4 52.6	−69 33		„ Gal. long. 247° 31′, lat. − 35° 24′.
	4 55.1	−69 21		„ Gal. long. 247° 13′, lat. − 35° 14′.
	4 55.7	−66 28		V. Typus. Gal. long. 243° 42′, lat. − 35° 50′.
	4 56.8	−66 32		„ Gal. long. 243° 48′, lat. − 35° 42′.
	4 57.3	−66 33		Gasnebel? Gal. long. 243° 48′, lat. − 35° 39′.
	4 57.5	−68 35		„ Gal. long. 246° 15′, lat. − 35° 12′.
	4 57.8	−68 33		V. Typus. Gal. long. 246° 12′, lat. − 35° 11′.
	5 0.4	−70 20		I. „ Hβ and Hγ hell.
	5 3.0	−66 49		V. „ Gal. long. 244° 0′ lat. − 35° 3′.
	5 10.2	−69 0		„ Gal. long. 246° 27′, lat. − 34° 0′.
	5 10.3	−69 1		„ Gal. long. 246° 28′, lat. − 33° 59′.
	5 13.8	−67 29		„ Gal. long. 244° 35′, lat. − 33° 54′.
	5 14.8	−69 25		„ Gal. long. 246° 52′, lat. − 33° 31′.
	5 22.2	−68 3		Gasnebel. Gal. long. 245° 8′, lat. − 33° 3′.
	5 22.5	−68 4		„ Gal. long. 245° 9′, lat. − 33° 1′.
	5 23.9	−71 43		V. Typus. Gal. lang. 249° 26′, lat. − 32° 25′.
	5 24.6	−71 26		„ Gal. long. 249° 5′, lat. − 32° 24′.
	5 26.4	−67 35		„ Gal. long. 244° 32′, lat. − 32° 42′.
	5 27.1	−68 55		„ Gal. long. 246° 6′, lat. − 32° 31′.
	5 35.6	−67 39		Gasnebel. Gal. long. 244° 32′, lat. − 31° 50′.
	5 36.2	−69 45		I. Typus. Hβ, Hγ, und Hδ hell.
	5 36.8	−69 44		„ Hβ, Hγ, und Hδ hell.
	5 37.6	−69 30		V. „ Gal. long. 246° 41′, lat. − 31° 32′.
	5 37.7	−69 16		„ Gal. long. 246° 25′, lat. − 31° 32′.
	5 40.7	−69 27		„ Gal. long. 246° 37′, lat. − 31° 16′.
	5 40.9	−69 27		„ Gal. long. 246° 37′, lat. − 31° 14′.
	5 41.4	−69 43		Gasnebel. Gal. long. 246° 55′, lat. − 31° 11′.
				Linien 5007, Hβ, Hγ, Hδ und Hε. hell.
A. G. C. 8091	7 3.2	−23 41	6.3	I. Typus. Hβ hell.
Z. C. 10h 1363	10 19.4	−59 8	8.8	I. „ Hβ hell.

[1]) Harvard Circular No. 60.

Pickering giebt noch folgende Erläuterungen zu diesem Verzeichnisse: Der Stern α 0 h 56.0 m steht in der kleinen Magellanischen Wolke und ist das einzige Objekt des 5. Typus in dieser ganzen Region. 1 h 6.2 m. Dieser Nebel steht in der kleinen Magellanischen Wolke. 4 h 49.9. Dieses und die 27 folgenden Objekte stehen in der grossen Magellanischen Wolke. Die Anzahl der Sterne des 5. Typus in dieser Region steigt damit auf 21. 5 h 40.7 m. Früher als Gasnebel angezeigt, die genauere Untersuchung zeigt aber ein Spektrum des 5. Typus. 10 h 30.3 m. Das Spektrum dieses Sternes ist ähnlich demjenigen eines Sternes vom 5. Typus umgekehrt (dunkel) auf einem kontinuierlichen Spektrum. 11 h 54.8 m. Ähnlich den vorigen. 17 h 14.6 m, 17 h 33.5 m, 18 h 5.9 m ebenso.

Dasselbe gilt von den Sternen 9. Grösse in α 18 h 35.2 m, δ − 51° 51′ (für 1900). Die helle Linie Hβ in dem Spektrum von η Centauri, A G C 17739 und χ Apodisi, A G C 20878 ist, wie Miss A. J. Cannon gefunden, veränderlich.

Bezeichnung	R. A. 1900	Dez. 1900	Grösse	Beschreibung
	h. m.	° ′		
Z. C. 10 h 2112	10 30.3	−47 53	9	Eigenartiges Spektrum.
C. P. D. −58° 2845	10 49.7	−58 59	9.8	V. Typus. Gal. long. 256° 13′, lat. + 0° 4′.
C. P. D. −61° 2577	11 39.6	−61 43	9.9	„ Gal. long. 262° 55′, lat. − 0° 33′.
Z. C. 11 h 3668	11 54.8	−58 2	9	Eigenartiges Spektrum.
	13 26.4	−65 28		Gasnebel. Gal. long. 274° 48′, lat. − 3° 54′.
−17° 3961	13 50.3	−17 45	8.0	Eigenartiges Spektrum.
−43° 9005	14 16.1	−43 41	10	Gasnebel. Gal. long. 287° 45′, lat. + 15° 1′.
Z. C. 14 h 970	14 16.9	−47 4	9.5	IV. Typus.
	15 7.1	−59 28		V. „ Gal. long. 287° 43′, lat. − 2° 35′.
C. P. D. −66° 3171	15 46.7	−65 52	9.2	Eigenartiges Spektrum.
−40° 11127	16 58.1	−40 44	9.9	Gasnebel. Gal. long. 313° 11′, lat. − 1° 4′.
	17 3.5	−55 16		„ Gal. long. 301° 55′, lat. − 10° 22′.
−49° 11366	17 14.6	−49 22	10	Eigenartiges Spektrum. Gal. long. 307° 49′, lat. − 8° 27′.
Z. C. 17 h 1520	17 24.4	−51 0	8	Eigenartiges Spektrum.
−33° 12168	17 26.5	−33 33	9.8	V. Typus. Gal. long. 322° 18′, lat. − 1° 35′.
	17 33.5	−57 52		Eigenartiges Spektrum.
	17 38.1	−44 52		Gasnebel. Gal. long. 313° 51′, lat. − 9° 27′.
A. G. C. 24406	17 52.7	−36 0	7.2	V. Typus. Gal. long. 320° 0′, lat. − 7° 27′.
	17 52.8	−56 16		I. „ H β hell.
−43° 12354	18 5.9	−43 43	10	Eigenartiges Spektrum.
	18 11.1	−46 2		Gasnebel. Gal. long. 315° 31′, lat. − 15° 7′.
−16° 4904	18 24.6	−16 59	9.8	IV. Typus.
	18 27.9	−22 43		Gasnebel. Gal. long. 338° 27′, lat. − 7° 57′.
−13° 5083	18 38.7	−13 20	9.1	IV. Typus.
− 4° 4678	18 58.7	− 4 28	9.0	V. „ Gal. long. 358° 16′, lat. − 6° 13′.
− 9° 5069	19 11.0	− 9 14	10	Gasnebel. Gal. long. 355° 22′, lat. − 11° 7′.
−50° 12918	20 12.9	−50 8	10	IV. Typus.

Das Spektrum von ζ Puppis. Nachdem früher[1]) die Gegenwart einer zweiten Reihe von Wasserstofflinien im Spektrum dieses Sternes auf der Harvardsternwarte nachgewiesen worden, ohne dass es gelang, genaue Messungen der Wellenlängen der minder brechbaren Linien auszuführen, sind seitdem Messungen an sechs Photographien dieses Spektrums und an zwei des Spektrums von δ Orionis ausgeführt worden.[2]) Entsprechend der von Vogel für die gewöhnliche Reihe der Wasserstofflinien gewählten Bezeichnung werden die der neuen Reihe angehörigen Linien mit $H\alpha'$, $H\beta'$, $H\gamma'$, etc. bezeichnet. Der Stern δ Orionis enthält ausser der Linie $H\beta'$ noch die bekannte Linie D_3 (λ=5876), und diese Linien erscheinen auch im Spektrum von ε Orionis und wahrscheinlich in andern Sternen des sogenannten Oriontypus.

Sternspektra mit teils hellen, teils dunklen Absorptionslinien und deren Deutung. Die spektrographische Durchmusterung des Himmels, welche auf der Harvardsternwarte in Nordamerika ausgeführt wird, hat eine Anzahl von Sternen kennen gelehrt, in deren Spektren die Wasserstofflinie $H\beta$ hell ist, während die nach der brechbarern Seite des Spektrums liegenden Wasserstofflinien dunkel sind. Später hat W. W. Campbell nachgewiesen, dass in den meisten (und wahrscheinlich allen) Spektren dieser Klasse auch die Wasserstofflinie $H\alpha$

[1]) Harvard Circular No. 12. 16. 18.
[2]) a. a. O. No. 55.

hell ist. Nach Campbells Angaben[1]) ist im Spektrum von η Argus die Linie Hα hell, Hβ kaum und vielleicht noch als breites, wenig helles Band sichtbar, in welchem sich eine dunkle feine Linie befindet, während die übrigen Wasserstofflinien dunkel sind und dabei an Intensität nach dem Violett hin zunehmen. Ähnlich sollen sich auch die Wasserstofflinien in dem Wolf-Rayet-Stern B D. + 43.3571^0 verhalten und schliesslich auch die in η Tauri, in welchem Hα hell erscheint mit schwachen dunklen Linien auf beiden Seiten, während alle übrigen Wasserstofflinien dunkel sind. In gewissem Sinne gehört nach Campbell zu dieser eigentümlichen Klasse von Sternen auch γ Cassiopejae, indem die Intensität der hellen Wasserstofflinien sehr schnell abnimmt, je weiter dieselben nach dem Violett zu liegen; die Stärke der Absorptionslinien, innerhalb welcher sie sich befinden, nimmt hierbei zu.

Diese Spektra sind höchst seltsam, und ihre Deutung ist auch Prof. Campbell nicht klar. Er sagt[2]) diesbezüglich:

»Diese Sterne fallen naturgemäss unter Prof. Vogels Klasse Ic. obgleich die Linie D_3 in manchen von ihnen nicht anwesend ist. Es muss angenommen werden, dass sie sich in einem sehr frühen Zustande der Sternentwickelung befinden, und hierin liegt ein Element ihrer grossen Wichtigkeit; aber am wichtigsten ist die Thatsache, dass sie manche Schritte der Sternentwickelung in der Nähe eines der wichtigsten Punkte dieses Vorganges repräsentieren. η Tauri ist immer als Ia klassifiziert worden, aber die Entdeckung einer einzigen hellen Linie (Hα) versetzt das Spektrum dieses Sternes in die Klasse Ic. Es befindet sich daher im Übergange zwischen den Klassen Ic und Ia. Einige dieser Sterne mögen nur zwei helle Wasserstofflinien, Hα und Hβ, enthalten, andere vielleicht drei oder mehr. γ Cassiopejae enthält mindestens ein halbes Dutzend heller Wasserstofflinien, und lange Expositionszeiten würden wahrscheinlich noch Spuren einiger andern hellen Linien im Ultraviolett zeigen, wo jetzt bei den gewöhnlichen Expositionszeiten keine zu sehen sind. Es ist möglich, dass einzelne Sterne helle Wasserstofflinien über das ganze Wasserstoffspektrum hinüber enthalten. Es ist auch möglich, dass lange Expositionszeiten schwache helle Linien innerhalb der dunklen Hβ-, Hγ- etc. Linien bei η Tauri ergeben würden. Jedenfalls aber betrachte ich folgende Punkte als fest begründet:

a) Einige Sterne enthalten sowohl helle als auch dunkle Wasserstofflinien.

b) Die hellen Linien in solchen Sternen sind diejenigen von grössern Wellenlängen, die dunklen diejenigen von kürzern Wellenlängen.

---

[1]) Astronomy and Astrophysics 13. p. 448.
[2]) Astrophysical Journal 2. p. 177.

c) Die Intensitäten der hellen Linien nehmen ab, je mehr letztere nach dem Violett zu liegen.

d) Die Intensitäten der dunklen Linien nehmen in dieser Richtung zu.«

Campbell stimmt einer früher von Prof. Scheiner geäusserten Meinung bei, dass die Sterne vom Typus Ic sich in einem Stadium befinden, aus welchem sie im Laufe der Zeit in den Typus Ia übergehen. »Allein,« so fragt er, »wie geht nun ein Stern des Typus Ic in den Typus Ia über? Wenn ein Stern der Klasse Ic eine einzige helle Wasserstofflinie enthält, müssen dann alle seine Wasserstofflinien hell sein? Wenn ein Stern eine einzige dunkle Wasserstofflinie enthält, müssen alle seine Wasserstofflinien dunkel sein? Wenn ein Stern mit hellen Linien in einen solchen übergeht mit dunklen Linien, ändern dann alle Wasserstofflinien in dem gleichen Momente ihren Charakter? Im allgemeinen werden alle Wasserstofflinien sich gleichzeitig nach derselben Richtung hin ändern, aber verwandeln sie sich von hellen in dunkle Linien oder von hellen Linien zu kontinuierlichem Spektrum und dann in dunkle Linien in demselben Augenblick? Das würde mir unwahrscheinlich vorkommen. Der Charakter eines Spektrums ist das Resultat von Strahlungs- und Absorptionsphänomenen. Sterne der Klasse Ic scheinen ausserordentlich ausgedehnte und heisse Atmosphären zu haben. Abkühlung und Zusammenziehung verursachen fortschreitende Änderungen in ihren Spektren. Wenn wir es mit einem Sterne zu thun haben, dessen Atmosphäre ausserordentlich ausgedehnt und durch und durch sehr heiss ist, so führen uns unsere Kenntnisse von der Wirkung abnehmender Temperatur in den äussern Teilen der Atmosphäre zu der Erwartung, dass gewisse Strahlenphänomene abnehmen würden, während gewisse Absorptionsphänomene zunehmen. Die Zustände auf unserer Sonne sind nicht geeignet, die Phänomene in den obigen Sternspektren zu erklären. Wenn jedoch die Bedingungen auf unserer Sonne genügend sind, um nur einen Bruchteil des Widerspruches in dem Verhalten der Wasserstofflinien in diesen Sternen zu deuten, so ist die Schwierigkeit sehr gemindert; denn wir müssen bedenken, dass unsere Sonne alt ist, der Klasse IIa angehört, während den Sternen der Klasse Ic wohl ausserordentlich ausgedehnte Atmosphären zugeschrieben werden müssen.«

Indem Campbell den Sternen mit teils hellen, teils dunklen Wasserstofflinien eine Stellung zwischen dem Typus Ic und Ia giebt, ist damit aber noch keinesweg eine Erklärung des Umstandes gegeben, warum im Spektrum dieser Sterne einzelne Linien eines und desselben Stoffes hell und die andern dunkel erscheinen.

Hier tritt nun Prof. Scheiner ein[1]) und giebt folgende Erklärung dieser Erscheinung, die sehr wahrscheinlich die richtige ist. Er sagt:

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3733.

»Die Angabe, dass in einem Spektrum gleichzeitig helle und dunkle Linien desselben Stoffes vorkommen sollten, widerspricht den einfachsten Folgerungen aus dem Kirchhoffschen Satze derartig, dass man sie einfach als unmöglich hinstellen muss. — Die Umkehrungserscheinungen, von denen einzelne Linien betroffen werden können, während andere desselben Elementes einfach bleiben, treten hier nicht in Frage, da sie ja ausser der hier zu erklärenden Eigentümlichkeiten bei einzelnen der hierher gehörigen Sterne als weitere Komplikationen aufzutreten scheinen. — Das ist auch der Grund, weshalb ich die zuerst von Campbell gemachte Angabe über die helle Hα-Linie bei γ Argus als der Bestätigung sehr bedürftig hingestellt hatte, besonders da die Beobachtungen von γ Argus nur in 6^0 Höhe über dem Horizonte angestellt worden waren. Allerdings scheint heute die allgemeine Gültigkeit des Kirchhoffschen Satzes manchen Zweifeln unterworfen; aber dieselben beziehen sich doch nur auf die Grenzen seiner Anwendbarkeit und auf den Begriff der Temperatur bei leuchtenden Gasen, nicht aber auf eine etwaige Ungültigkeit bei ganz einfachen Absorptionserscheinungen ohne merkliche Wellenlängenänderungen, welch letztere dann auf starken Druck oder auf Fluoreszenzerscheinungen hindeuten.

Ich behaupte daher auch jetzt noch, nachdem das gleichzeitige Vorhandensein heller und dunkler Wasserstofflinien in mehrern Sternen durch die Campbellschen Beobachtungen völlig sichergestellt ist, dass diese Erscheinung in einem einzelnen Spektrum nicht vorkommen kann, dass ihr Auftreten also mit Bestimmtheit auf die optische Superposition zweier Spektra hinweist. Die Campbellschen Beobachtungen sind es selbst, welche die folgende sehr einfache Erklärung bestätigen.

Ich habe zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass die helle Hγ-Linie im Spektrum von γ Cassiopejae nicht unmittelbar auf dem kontinuierlichen Spektrum aufsitzt, sondern auf beiden Seiten von schwachen Absorptionslinien umschlossen ist. Die Erklärung hierfür, dass nämlich im Spektrum dieses Sternes sehr breite Absorptionslinien vorhanden seien, in denen sich die hellen Linien befänden, führte weiter zu der Auffassung, dass es sich bei γ Cassiopejae um die optische Superposition zweier Spektra handle, ein kontinuierliches Spektrum mit dunklen Wasserstofflinien, welches wie bei allen Sternen der Klasse Ia zustandekommt, und ein Spektrum von hellen Wasserstofflinien, herrührend von der ausserhalb der Photosphäre sich projizierenden ausserordentlich mächtigen, leuchtenden Wasserstoffatmosphäre. Dadurch, dass es mir weiter gelang, bei den verschiedenen Sternen des Typus Ia eine ganze Reihe von intermediären Gliedern zwischen Ic und dem typischen Spektrum Ia aufzustellen, deren zugehörige Sterne sich nur durch ihre relativen Atmosphärenhöhen zu unterscheiden brauchen, gewann die obige Deutung an Sicherheit. Alle diese Untersuchungen waren allein auf

das Aussehen der Hγ-Linie gegründet, und die Campbellschen Untersuchungen zeigen nun auf das deutlichste, dass bei den sogenannten »bright Hβ-Stars« genau dieselben Verhältnisse vorliegen. Bei η Tauri z. B. ist die helle Hα-Linie beiderseits mit einer dunkeln versehen, entsprechend dem Spektrum von γ Cassiopejae (zunächst bei der Hγ-Linie). Es unterliegt mir keinem Zweifel, dass auch die schwächern Sterne dieser Art ähnliche Erscheinungen in ihren Spektren zeigen würden, wenn sie mit noch lichtstärkern Instrumenten beobachtet werden könnten. Hiernach füllen diese Sterne nur die Lücke aus, die in meiner Reihe zwischen γ Cassiopejae und δ Orionis liegt, und lassen sich folgendermassen charakterisieren:

Die »bright Hβ-Stars« besitzen ein kontinuierliches Spektrum mit den sämtlichen dunklen Wasserstofflinien, genau so wie alle Sterne der Klasse Ia. Dieses Spektrum ist optisch überlagert von dem Emissionsspektrum des Wasserstoffs, herrührend von der umgebenden Wasserstoffatmosphäre, soweit sich dieselbe ausserhalb der Photosphäre projiziert. Ist die Temperatur des Hauptteiles dieser Atmosphäre nicht hoch, so brauchen nicht die sämtlichen Wasserstofflinien hell vorhanden zu sein; bei der niedrigsten Glühtemperatur — es ist hier unter Glühtemperatur die sogenannte innere Temperatur der Gase zu verstehen — ist nur Hα vorhanden, bei etwas höherer kommt Hβ hinzu u. s. w. Dass aber in den äussern Teilen der Atmosphäre, die die grösste Fläche in der Projektion bieten, die Temperatur geringer ist, als in den innern dichtern Teilen, durch welche das Licht der Photosphäre unter allen Umständen hindurchpassieren muss, ist selbstverständlich. Die dunklen Absorptionslinien müssen also alle vorhanden sein, von den hellen brauchen nur wenige im brechbarern Teile des Spektrums aufzutreten, wobei natürlich ihre Intensitäten nach dem Violett zu abnehmen. Der von Campbell unter c) aufgestellte Satz ist daher richtig, der unter d) aufgestellte aber nur scheinbar, da die Abschwächung der Absorptionslinien nach dem Rot zu nur durch die Überlagerung der hellen Linien erfolgt.

Diese Deutung scheint mir eine durchaus natürliche zu sein, die sich in vollster Übereinstimmung mit dem Kirchhoffschen Satze befindet. Bei genauer Erforschung des Spektrums dieser interessanten Sterne wird sich noch eine Reihe von Umkehrungserscheinungen, Linienverdoppelungen u. s. w., wie sie bereits durch die Beobachtungen Campbells angedeutet sind, ergeben; es erscheint durchaus nicht unmöglich, dass dieselben mit stärkern Änderungen der Wellenlängen verbunden sein werden, die dann ähnlich wie bei den neuen Sternen zu deuten sein würden.

Es ist hiermit auch die von Campbell angeregte Frage gelöst, in welcher Weise der Übergang eines Sternes von der Klasse Ic nach Ia sich in den Wasserstofflinien äussern wird. Der typische Fall eines Spektrums der Klasse Ic würde der sein, dass sich die

sämtlichen Wasserstofflinien hell auf ihren breitern Absorptionslinien befinden. Bei fortschreitender Abkühlung der Atmosphäre und Abnahme ihrer Höhe verschwinden zuerst die hellen Wasserstofflinien des Ultraviolett (etwa γ Cassiopejae), dann immer weiter fortschreitend bis Hα, welche zuletzt hell übrig bleibt (etwa η Tauri). Ist auch diese Linie verschwunden, so ist die Klasse Ia erreicht. Auch bei den Sternen dieser Klasse sind zunächst noch die letzten Reste der hellen Linien als Aufhellungen der Absorptionslinien zu erkennen (δ Orionis), bis schliesslich auch diese verschwinden. und der reine Typus Ia mit völlig schwarzen Absorptionslinien vorliegt.

Der Vollständigkeit halber möchte ich noch auf neuere Untersuchungen über das Spektrum von γ Cassiopejae hinweisen, die geeignet sind, meine Schlüsse zu bestätigen. Zunächst zeigen neuere auf dem Potsdamer Observatorium erhaltene Aufnahmen des Spektrums dieses Sternes, auf denen die bekannte Duplizität der Hγ-Linie deutlich zu erkennen ist, dass diese Doppellinie in einem breiten Absorptionsbande sitzt. Besonders wichtig aber sind die Angaben von Sidgreaves,[1] nach denen ausser Hγ noch Hδ und Hε in dunklen breiten Absorptionsbändern sitzen. Die Intensität der hellen Wasserstofflinien, nimmt von Hβ bis Hε ab, und zwar so, dass die Intensität der letztern Linie gleich derjenigen des kontinuierlichen Spektrums ist, so dass sie also ohne das Vorhandensein der breitern Absorptionslinie auf diesen Aufnahmen schon nicht mehr zu erkennen wäre. Hiermit stimmen auch die Angaben von Lockyer[2]) überein. nach denen das Absorptionsband, auf welches sich die helle Hβ-Linie projiziert, noch zu sehen ist; zuweilen sei auch noch Hζ hell zu erkennen gewesen. Fowler und Shackleton haben bei optischer Beobachtung auch das Absorptionsband der C-Linie wahrzunehmen geglaubt.«

Die oben eingangs erwähnten Bedenken Schreiners bezüglich der Vereinbarkeit eines Spektrums, das gleichzeitig helle und dunkle Linien desselben Stoffes zeigt, mit dem Kirchhoffschen Satze, widerlegt H. Kayser.[3])

Ein neuer Katalog der veränderlichen Sterne. Das vollständigste bis jetzt vorhandene Verzeichnis der veränderlichen Sterne ist der 1896 von Chandler veröffentlichte (3.) Katalog, welcher über 450 Nummern umfasst. Seitdem hat sich indessen das Material so sehr vermehrt, dass die Herstellung eines neuen Kataloges immer mehr als dringendes Bedürfnis hervortritt. Unter diesen Umständen hat der Vorstand der Astronomischen Gesellschaft die Herausgabe

---

[1]) Monthly Notices **59.** p. 505.
[2]) Proc. Royal Soc. **57.** p. 176.
[3]) Astrophys. Journal 1901. **14.** p. 313.

eines neuen Kataloges der Veränderlichen beschlossen und die Ausführung dieser Arbeit einer Kommission, bestehend aus den Herren Dunér, Hartwig, Müller und Oudemans übertragen. Dieser Kommission ward auch die definitive Bezeichnung der neu entdeckten Veränderlichen, sobald die Lichtänderung sicher festgestellt ist, überwiesen. Endlich ist sie auch mit der Aufstellung einer Namensliste der in den letzten Jahren aufgefundenen und bisher noch unbekannt gebliebenen veränderlichen Sterne beschäftigt, die demnächst veröffentlicht werden soll.

Provisorische Bezeichnung der neu entdeckten veränderlichen Sterne. Die immer mehr zunehmenden Entdeckungen von veränderlichen Sternen lassen es wünschenswert erscheinen, für dieselben, ähnlich wie bei Kometen und kleinen Planeten, eine unzweideutige und kurze provisorische Bezeichnung einzuführen. Demzufolge werden von nun an die veränderlichen und neuen Sterne in der Reihenfolge, in der ihre Entdeckung, vom Jahresanfange an gerechnet, erfolgt, fortlaufend numeriert, und die so entstandene Nummer wird zugleich mit dem Sternbilde so lange zur Anwendung kommen, bis die Veränderlichkeit genügend gesichert ist, und der Stern in der üblichen Weise seine definitive Bezeichnung erhalten kann. Diesem Prinzip hat der Vorstand der Astronomischen Gesellschaft seine Zustimmung erteilt, und gemäss demselben hat die Numerierung der seit dem Jahre 1900 entdeckten veränderlichen und neuen Sterne stattgefunden.

Verzeichnis der seit dem Erscheinen des dritten Chandlerschen Kataloges als sicher veränderlich erkannten Sterne. Als Vorarbeit für die in Aussicht genommene Herausgabe eines neuen Kataloges der veränderlichen Sterne hat die vom Vorstande der Astronomischen Gesellschaft eingesetzte Kommission eine Liste derjenigen Sterne aufgestellt,[1]) welche seit dem Erscheinen des letzten Chandlerschen Kataloges als sicher veränderlich erkannt worden sind. In diesem nachstehend wiedergegebenen Verzeichnisse enthält die erste Columne die Chandlersche Nummer, die zweite die in den Astr. Nachrichten seit 1900 eingeführte provisorische Bezeichnung der Veränderlichen, die dritte die definitiven Namen derselben, dann folgen Rektaszention und Deklination, sowie die Präzession für 1900. Die drei letzten Kolumnen geben die Maximal- und Minimalhelligkeiten, soweit sie einigermassen sicher bekannt sind, und die Buchstaben v (visuell) und ph (photographisch) lassen ersehen, ob diese Helligkeiten durch direkte Beobachtungen gewonnen sind, oder ob sie von photographischen Aufnahmen herrühren.

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3752.

No. nach Chandler	Prov. Bez. A. N.	Name	Position für 1900.0 RA.	Position für 1900.0 Decl.	Praecession 1900 RA.	Praecession 1900 Decl.	Helligkeit Max.	Helligkeit Min.	
			h m s	° ′	s	′			
65	3.1900	X Andromedae	0 10 50	+46 27	+3.14	+0.33	8.9	—	v
147	—	RR Sculptoris	0 24 32	—38 36.5	+2.96	+0.33	9.10	<11	v
154	—	T Phoenicis	0 25 35	—46 57.8	+2.91	+0.33	9	<12	ph
169	—	W Sculptoris	0 28 15	—33 25.6	+2.96	+0.33	8.9	<11	ph
188	9.1900	Y Cephei	0 31 19	+79 48.4	+4.06	+0.33	9	12	v
210	—	Z Sculptoris	0 35 2	—34 30.2	+2.93	+0.33	6.7	7.8	v
268	—	V Andromedae	0 44 39	+35 6.5	+3.25	+0.33	8.9	14	v
268a	—	X Sculptoris	0 44 42	—35 27.8	+2.88	+0.33	9	<13	v
276	69.1901	RR Andromedae	0 45 56	+33 50	+3.24	+0.33	10	<11	v
562	23.1900	Y Andromedae	1 33 45	+38 50.2	+3.50	—0.31	9.10	<12	v
787	—	W Andromedae	2 11 14	+43 50.5	+3.77	+0.28	8	<11	v
854	—	S Horologii	2 22 22	—60 1.2	+1.72	+0.27	9.10	<12	ph
1066	—	T Horologii	2 57 40	—51 2.2	+1.92	+0.24	8	<10	v
1205	68.1901	Y Persei	3 20 54	+43 49.6	+4.06	+0.21	8.9	9.10	v
1332	—	S Fornacis	3 51 56	—24 42.2	+2.56	+0.19	5.6	9	v
1375	—	X Persei	3 49 8	+30 45.1	+3.74	+0.18	6	7	v
1438	—	V Eridani	3 59 45	—15 59.9	+2.74	+0.17	8	9	ph
1484	—	W Eridani	4 7 19	—25 23.5	+2.51	+0.16	8	<12	ph
1752	—	U Leporis	4 52 1	—21 22.7	+2.57	+0.10	9	10	v
1913	—	S Doradus	5 18 55	—69 21.0	—0.42	+0.06	8	9.10	ph
1921	—	W Aurigae	5 20 9	+36 48.9	+4.06	+0.06	9	<12	v
1929	71.1901	Y Aurigae	5 21 32	+42 21.1	+4.27	+0.06	8.9	9.10	v
2000	6.1900	RR Tauri	5 33 17	+26 19.0	+3.73	+0.04	9	<12	ph
2038	—	Y Tauri	5 39 42	+20 30.2	+3.57	+0.03	6.7	8.9	v
2080a	4.1900	Z Tauri	5 46 41	+15 46	+3.45	+0.02	9	<11	v
2186	8.1900	X Aurigae	6 4 25	+50 14	+4.68	0.00	8	11	v
2328	—	Z Monocerotis	6 28 2	— 8 48.2	+2.87	—0.04	9	10	ph
2335	—	W Geminorum	6 29 14	+15 24.5	+3.44	—0,04	7	8	v
2376	—	S Lyncis	6 35 56	+58 0.5	+5.19	—0.05	9.10	<12	v
2404	—	X Geminorum	6 40 43	+30 22.6	+3.85	—0.06	8	<11	v
2468	21.1900	Y Monocerotis	6 51 19	+11 22.4	+3.33	—0.07	8.9	<11	ph
2475	—	X Monocerotis	6 52 25	— 8 56.0	+2.87	—0.08	8	10	ph
2554	—	S Can. maj.	7 5 43	—32 45.9	+2.25	—0.09	9	10	v
2565	—	R Volantis	7 7 26	—72 51.3	—1.07	—0.10	8	<10	v
2690	19.1900	Z Puppis	7 28 18	—20 26.7	+2.61	—0.12	8.9	<11	v
2781	—	RR Puppis	7 43 32	—41 7.5	+2.02	—0.15	9.10	10.11	v
2890	—	RT Puppis	8 1 44	—38 29.4	+2.16	—0.17	8	10	ph
2899	—	RU Puppis	8 3 10	—22 37.4	+2.59	—0.17	9.10	11.12	ph
2933	—	Y Puppis	8 8 51	—34 50.3	+2.30	—0.18	8.9	10	v
2935	—	RS Puppis	8 9 14	—34 16.6	+2.30	—0.18	7	8	v
3024	4.1901	R Chamaeleontis	8 24 2	—76 1.8	—1.27	—0.20	—	—	—
3028	—	RT Hydrae	8 24 45	— 5 59.1	+2.96	—0.20	8	9.10	ph
3089	52.1901	RV Hydrae	8 34 53	— 9 14.0	+2.90	—0.21	7.8	9	ph
3179	—	X Cancri	8 49 45	+17 36.7	+3.39	—0.22	6.7	7.8	v
3244	—	S Pyxidis	9 0 41	—24 41.4	+2.64	—0.24	8.9	11	ph
3247	70.1601	V Urs. maj.	9 1 7	+51 31	+4.28	—0.24	9.10	10.11	v
3321	—	RU Carinae	9 13 27	—65 48.9	+1.10	—0.25	11	12	ph
3349	5.1901	RW Carinae	9 18 12	—68 20	+0.89	—0.25	—	—	—
3418a	—	T Antliae	9 29 43	—36 10.4	+2.48	—0.26	8.9	9.10	ph
3482	—	RR Hydrae	9 40 24	—23 33.5	+2.74	—0.27	8.9	<12	ph
3519	—	Y Hydrae	9 46 27	—22 33.0	+2.77	—0.28	8	10	ph
3548	6.1901	X Velorum	9 51 21	—41 6.8	+2.45	—0.28	—	—	—
3573	—	RV Carinae	9 55 33	—63 25.0	+1.69	—0.29	9.10	<11	ph
3649	—	U Urs. maj.	10 8 14	+60 28.9	+4.19	—0.29	7	8	ph
3669	—	W Velorum	10 11 31	—53 58.9	+2.23	—0.30	9	<11	v
3785	7.1901	U Antliae	10 30 47	—39 2.7	+2,66	—0.31	—	—	—
3799	8.1901	RX Carinae	10 33 12	—61 48	+2.15	—0.31	10	<12	ph
3845	—	RT Carinae	10 40 54	—58 53.5	+2.32	—0.31	9.10	10.11	ph
3879	—	RS Hydrae	10 46 33	—28 6.1	+2.85	—0.32	8.9	<11	v
3978	9.1901	RW Centauri	11 2 56	—54 34.8	+2.61	—0.32	—	—	—
4057	—	RS Centauri	11 16 6	—61 19.6	+2.61	—0.33	9	<12	v
4216	—	Z Hydrae	11 42 37	—32 42.8	+3.00	—0.33	8.9	9.10	v
4318	—	RX Virginis	11 59 38	— 5 12.7	+3.07	—0.33	7	9	ph
4333	—	RW Virginis	12 2 6	— 6 12.2	+3.07	—0.33	7	8	ph
4345	—	RU Centauri	12 4 12	—44 52.1	+3.10	—0.33	9	10	ph
4471	—	T Can. venat.	12 25 15	+32 3.4	+2.98	—0.33	8.9	12	v
4481	—	U Crucis	12 26 50	—57 1.7	+3.31	—0.33	10	<13	ph
4573	—	RU Virginis	12 42 13	+ 4 41.5	+3.05	—0.33	8	12	v

No. nach Chandler	Prov. Bez. A. N.	Name	Position für 1900.0 RA.	Decl.	Praecession 1900 R. A	Decl.	Helligkeit Max.	Min.	
			h m s	° ′	s	′			
4065	—	RT Virginis	12 57 33	+ 5 43.4	+3.04	—0.32	8.9	10	ph
4696	7.1900	RV Virginis	13 2 40	—12 37.8	+3.15	—0.32	10	<14	ph
4754	25.1900	U Octantis	13 12 20	—83 42.0	+6.83	—0.32	7.8	10	v
4867	—	RV Centauri	13 31 8	—55 57.9	+3.84	—0.31	9	<13	ph
4898	10.1901	RY Virginis	13 36 19	—18 37.8	+3.26	—0.31	—	—	—
4935	—	RT Centauri	13 42 30	—36 21.8	+3.50	—0.30	8	<12	v
5013	—	Θ Apodis	13 55 35	—76 18.8	+5.69	—0.29	5.6	6.7	v
5050	—	Z Bootis	14 1 40	+13 58.5	+2.90	—0.29	10	13	ph
5075	—	RU Hydrae	14 5 48	—28 24.8	+3.45	—0.29	8	12	v
5099	—	RR Centauri	14 9 55	—57 23.3	+4.19	—0.28	7.8	8	v
5221	—	RV Librae	14 30 14	—17 35.9	+3.33	—0.27	8	9.10	ph
5355	11.1901	V Lupi	14 52 33	—53 0.4	+4.28	—0.24	—	—	—
5451	12.1901	W Lupi	15 8 30	—50 25	+4.26	—0.23	—	—	—
5520	13.1901	R Circini	15 20 0	—57 22	+4.67	—0.21	—	—	—
5572	—	R Normae	15 28 45	—49 10.4	+4.29	—0·21	7	11	v
5608	—	U Normae	15 34 37	—54 59.4	+4.61	—0.20	8.9	9.10	v
5618	—	T Normae	15 36 21	—54 40.0	+4.59	—0.20	7	<11	v
5727	—	U Lupi	15 54 39	—29 38.3	+3.72	—0.17	9	11	v
5752	—	RZ Scorpii	15 58 37	—23 49.5	+3.58	—0.17	8.9	<10	v
5775	—	U Serpentis	16 2 31	+10 11.9	+2.86	—0.17	9	<12	ph
5776a	14.1901	V Normae	16 2 39	—48 58.2	+4.41	—0.16	—	—	—
5796	—	RX Scorpii	16 5 56	—24 38.4	+3.61	—0.16	9	<12	ph
5796a	—	RU Herculis	16 6 3	+25 19.9	+2.52	—0.16	7	<12	v
5814	15.1901	W Normae	16 9 0	—52 21.1	+4.60	—0.16	—	—	—
5867	16.1901	X Normae	16 17 45	—51 41.7	+4.60	—0.14	11	<12	ph
5941	—	ST Scorpii	16 30 14	—31 1.8	+3.82	—0.13	8	10	v
5965	—	SU Scorpii	16 34 12	—32 11.0	+3.85	—0.12	8	9	v
5999	17.1901	V Triang. austr.	16 39 51	—67 36.1	+6.12	—0.11	—	—	—
6019	—	RR Ophiuchi	16 43 11	—19 17.3	+3.51	—0.11	8	<11	v
6053	—	SS Scorpii	16 48 46	—32 27.6	+3.89	—0.10	7.8	9.10	v
6086	—	T Arae	16 54 22	—54 55.4	+4.90	—0.10	10	11	ph
6100	—	RV Herculis	16 56 45	+31 22.3	+2.29	—0.09	9	<12	v
6161	—	RT Herculis	17 6 46	+27 10.8	+2.40	—0.08	9	<12	v
6229	18.1901	SW Scorpii	17 18 8	—43 43.8	+4.33	—0.06	—	—	—
6328	—	V Pavonis	17 34 41	—57 40.4	+5.17	—0.04	8	10	ph
6364	19.1901	SX Scorpii	17 40 45	—35 30.7	+4.03	—0.03	—	—	—
6366	—	W Pavonis	17 41 5	—62 22.4	+5.62	—0.03	9	<13	ph
6370	—	SV Scorpii	17 41 36	—35 39.9	+4.03	—0.03	9	<11	v
6386	—	RY Scorpii	17 44 16	—33 40.5	+3.96	—0.02	7.8	9	v
6389	20.1901	RS Ophiuchi	17 44 50	— 6 40.2	+3.23	—0.02	—	—	—
6394	—	U Arae	17 45 41	—51 39.8	+4.76	—0.02	9	<12	ph
6404a	21.1901	V Arae	17 47 17	—48 16.8	+4.57	—0.02	9.10	<12	ph
6416	22.1901	W Arae	17 49 15	—49 46.8	+4.65	—0.02	—	—	—
6429	24.1900	S Arae	17 51 27	—49 25.2	+4.63	—0.01	9.10	11	v
6452	—	RY Herculis	17 55 25	+19 29.3	+2.60	—0.01	9	<12	v
6458	1.1900	V Draconis	17 56 17	+54 52.8	+1.17	—0.01	9	11	v
6469	23.1901	W Coron. austr.	17 58 14	—39 20.5	+4.17	0.00	—	—	—
6490	—	RW Herculis	18 1 42	+22 3.8	+2.53	0.00	9	<12	v
6496	24.1901	X Coron. austr.	18 2 36	—45 26	+4.43	0.00	—	—	—
6523	25.1901	Y Coron. austr.	18 7 12	—42 53	+4.31	+0.01	—	—	—
6549	—	W Lyrae	18 11 28	+36 38.1	+2.08	+0.02	8.9	12	v
6594	26.1901	T Telescopii	18 19 0	—49 42	+4.64	+0.03	11	<13	ph
6628	27.1901	SS Sagittarii	18 24 39	—16 58.0	+3.48	+0.04	9.10	—	v
6636a	—	RX Herculis	18 26 1	+12 32.5	+2.78	+0.04	7	7.8	v
6676	10.1900	RZ Hersulis	18 32 44	+25 57.9	+2.43	+0.05	9	12	ph
6685	12.1900	Y Lyrae	18 34 12	+43 51.8	+1.80	+0.05	10.11	<12	ph
6686	—	U Coron. austr.	18 34 18	—37 55.6	+4.10	+0.05	8.9	11	v
6724	—	V Coron. austr.	18 40 42	—38 15.7	+4.11	+0.06	9	<10	v
6749	28.1901	S Scuti	18 44 55	— 8 1.3	+3.26	+0.06	6	8	v
6773	73.1901	U Scuti	18 48 52	—12 43.8	+3.37	+0.07	9	9.10	v
6780	29.1901	T Scuti	18 50 0	— 8 18.4	+3.26	+0.07	9.10	—	v
6815	30.1901	ST Sagittarii	18 55 55	—12 54.1	+3.37	+0.08	7.8	<10	v
6816	15.1900	Z Lyrae	18 56 0	+34 49.1	+2.17	+0.08	9	11	ph
6826	31.1901	SU Sagittarii	18 57 43	—22 51.3	+3.62	+0.08	8,9	—	v
6843	32.1901	U Telescopii	19 0 30	—49 4	+4.56	+0.09	—	—	—
6894	—	X Lyrae	19 8 58	+26 36.1	+2.43	+0.10	8.9	9.10	v
6896	72.1901	RS Lyrae	19 9 18	+33 14.6	+2.24	+0.10	10	<12	v
6900a	—	U Draconis	19 9 57	+67 6.6	+0.05	+0.10	9.10	<12	v

No. nach Chandler	Prov. Bez. A. N.	Name	Position für 1900.0 RA.	Position für 1900.0 Decl.	Praecession 1900 R. A.	Praecession 1900 Decl.	Helligkeit Max.	Helligkeit Min.	
			h m s	° ′	s	′			
6900b	—	RY Sagittarti	19 10 1	—33 41.9	+3.92	+0.10	6	<11	v
6906a	33.1901	V Telescopii	19 10 34	—50 37.5	+4.62	+0.10	9	10.11	ph
6920	2.1901	TZ Cygni	19 13 22	+50 0	+1.56	+0.10	9.10	11	v
6974	34.1901	RR Lyrae	19 22 17	+42 35.5	+1·92	+0.12	7	8	ph
7008	—	UV Cygni	19 28 3	+43 25.5	+1.90	+0.12	7.8	9	v
7019	1.1901	TY Cygni	19 29 51	+28 6.2	+2.41	+0.13	10	<14	ph
7034	—	U Vulpeculae	19 32 16	+20 6.6	+2.62	+0.13	7	7.8	v
7040	—	RT Aquilae	19 33 17	+11 29	+2.82	+0.13	9	<13	v
7056	17.1900	RV Aquilae	19 35 57	+ 9 41.5	+2.86	+0.14	9	<12	v
7063	—	TT Cygni	19 37 7	+32 23.1	+2.30	+0.14	7.8	<9	v
7085a	—	SU Cygni	19 40 49	+29 1.4	+2.40	+0.14	6.7	7.8	v
7096	—	SY Cygni	19 42 43	+32 27.6	+2.31	+0.14	10	<12	ph
7099	35.1901	W Telescopii	19 43 6	—50 15	+4.52	+0.15	—	—	—
7100	13.1900	TU Cygni	19 43 19	+48 49.3	+1.70	+0.15	9	<13	v
7190	—	S Telescopii	19 58 25	—55 50.1	+4.78	+0.16	9	11	ph
7220a	—	X Pavonis	20 3 21	—60 13.8	+5.09	+0.17	9	10	ph
7223	—	SW Cygni	20 3 50	+46 0.6	+1.89	+0.17	8.9	11.12	v
7239	—	SV Cygni	20 6 28	+47 34.6	+1.83	+0.17	8	9	v
7244	—	RW Aquilae	20 7 16	+15 45.7	+2.75	+0.17	8.9	9.10	v
7248	—	RU Aquilae	20 8 3	+12 41.8	+2.82	+0.18	9	11	v
7251	—	RZ Sagittarii	20 8 30	—44 42.6	+4.19	+0.18	9	<11	ph
7267	36.1901	X Telescopii	20 11 12	—52 56	+4.56	+0.18	10.11	13	ph
7268	—	RT Capricorni	20 11 15	—21 37.5	+3.52	+0.18	7.8	10	v
7269	—	SX Cygni	20 11 33	+30 46.0	+2.40	+0.18	8.9	10	v
7277	37.1901	Y Telescopii	20 12 52	—51 0.9	+4.45	+0.18	8	10	ph
7331	—	T Microscopii	20 21 50	—28 35.4	+3.67	+0.19	7.8	8.9	ph
7336	—	U Microscopii	20 22 36	—40 45.0	+4.01	+0.19	8.9	<12	ph
7378	2.1900	SZ Cygni	20 29 38	+46 15.6	+1.96	+0.20	8	9.10	v
7379	—	ST Cygni	20 29 55	+54 37.6	+1.58	+0.20	9	14	v
7380	16.1900	TV Cygni	20 30 2	+46 13.8	+1.97	+0.20	9	9.10	v
7538	—	RR Capricorni	20 56 23	—27 29.0	+3.57	+0.23	9	<10	v
7539	22.1900	TX Cygni	20 56 25	+42 12.4	+2.20	+0.23	8.9	10	v
7570	—	RS Capricorni	21 1 40	—16 49.4	+3.36	+0.24	8	9.10	ph
7571a	20.1900	TW Cygni	21 1 45	+29 0.3	+2.55	+0.24	9	<12	ph
7582	→	X Cephei	21 3 39	+82 39.9	—4.15	+0.24	10	<12	v
7594	—	RS Aquarii	21 5 45	— 4 26.6	+3.14	+0.24	9.10	<14	v
7610	18.1900	R Equulei	21 8 24	+12 23.4	+2.87	+0.24	8	<10	v
7619	—	RR Aquarii	21 9 49	— 3 18.6	+3.12	+0.25	8.9	13	v
7641	—	T Indi	21 13 34	—45 26.6	+3.98	+0.25	7	9	ph
7658	—	X Pegasi	21 16 16	+14 1.6	+2.85	+0.25	9	<12	v
7685	—	S Microscopii	21 20 48	—30 17.0	+3.57	+0.26	8	<11	—
7774	38.1901	UU Cygni	21 35 42	+42 45	+2.34	+0.27	—	—	—
7793	—	SS Cygni	21 38 47	+43 7.6	+2.35	+0.27	7	11	v
7961	14.1900	Y Pegasi	22 6 47	+13 51	+2.92	+0.29	9.10	<10	v
8026	39.1901	RT Aquarii	22 17 41	—22 34.0	+3.31	+0.30	9.10	—	v
8027	—	T Lacertae	22 17 54	+13 52.3	+2.60	+0.30	9	<12	v
8043	40.1901	T Pisc. austr.	22 20 31	—29 35.4	+3.39	+0.30	—	—	—
8302	—	Y Sculptoris	23 3 40	—30 40.5	+3.27	+0.32	8	9	v
8395	66.1901	RU Aquarii	23 19 10	—17 52.1	+3.15	+0.33	8.9	9.10	ph
8458	41.1901	Z Andromedae	23 28 51	+48 16.0	+2.87	+0.33	—	—	—
8518	—	Z Cassiopejae	23 39 40	+56 1.6	+2.90	+0.33	9.10	<10	v
8562	—	Z Aquarii	23 47 5	—16 24.7	+3.09	+0.33	8	9.10	ph
8584	5.1900	RR Cassiopejae	23 50 38	+53 10	+3.00	+0.33	9	11	v
8610	42.1901	Z Pegasi	23 54 59	+25 20.6	+3.06	+0.33	9	—	v
8629	—	Y Cassiopejae	23 58 10	+55 7.3	+3.06	+0.33	9.10	<13	ph

Neue Sterne.

2126	3.1901	Nova Persei	3 24 24	+43 33.7	+4.06	+0.21	1	—	v
6817	—	Nova Sagittarii	18 56 13	—13 18.2	+3.38	+0.08	4.5	—	v
6932	11.1900	Nova Aquilae	19 15 16	— 0 19.2	+3.08	+0.11	7	—	ph

Photographische Untersuchungen veränderlicher Sterne. Veranlasst durch die Entdeckung Dr. Schwarzschilds [1]) hat Dr. Carl W. Wirtz seine photographisch-photometrischen Beobachtungen auf mehrere veränderliche Sterne ausgedehnt.[2]) Die photographischen Aufnahmen zur Bestimmung der Helligkeit geschahen wie bei Dr. Schwarzschild so, dass die Sterne etwas ausserhalb des Brennpunktes des photographischen Fernrohres aufgenommen wurden. Dadurch erscheinen die Sternscheibchen vergrössert. Zunächst hat Dr. Wirtz den Veränderlichen δ Cephei beobachtet, bei dem er aus gewissen Gründen ein analoges Verhalten wie η Aquilae voraussetzte. Als Vergleichssterne dienten ζ, ι, ε, α und ein Stern 6.5 Grösse, 41″ von δ Cephei entfernt stehend. Die Aufnahmen geschahen bei einem Abstande der Platten von der Brennpunktebene des Fernrohres, die 11 *mm* betrug. Jeder Stern wurde auf der Platte in denselben drei Expositionszeiten belichtet; als solche kommen anfangs 4^s, 10^s, 24^s, dann 10^s, 24^s, 50^s, endlich 15^s, 30^s, 60^s vor. Die Erledigung sämtlicher Aufnahmen einer Platte nahm etwa $^1/_4$ Stunde in Anspruch. Über die weitere rechnerische Behandlung des erhaltenen Beobachtungsmateriales ist auf die Originalabhandlung zu verweisen. Die erhaltenen photographischen Grössen wurden dann nach der seit dem letzten Minimum der Helligkeit des Sternes verflossenen Zeitfolge geordnet und auf diese Weise 42 Punkte der Lichtkurve des Veränderlichen bestimmt. Es ergiebt sich aus derselben, dass der Stern photographisch im Maximum 4.68, im Minimum 5.93 Grösse ist, die Amplitude der photographischen Lichtschwankung also 1.25 Grössenklasse beträgt. Der Zeitunterschied zwischen Maximum und Minimum ist $1^d\ 10.5^h$, bei einer Periodendauer von $5^d\ 8^h\ 48^m$. Dr. Wirtz hat nun weiter untersucht, wie sich der durch direkte Betrachtung erkennbare (optische) Lichtwechsel zu dem photographischen verhält, und hierzu die Beobachtungen von Argelander, Schoenfeld, Oudemans und Schur, sowie für die Sterngrössen die Angaben der Harvard Photometry benutzt. Es ergab sich als Maximum der Helligkeit von δ Cephei 3.66, als Minimum 4.18 Grösse, demnach die Amplitude der Helligkeitsschwankung zur 0.52 Grössenklasse. »Verglichen mit den photographischen Grössen, zeigt sich, dass dieselben im Minimum um 1.7^m, im Maximum um 1.0^m schwächer sind, als die optischen, und dass die photographische Lichtschwankung die optische bedeutend übertrifft, indem sich das Verhältnis:

$$\frac{\text{Photogr. Ampl.}}{\text{Opt. Ampl.}} = \frac{1.25}{0.52} = 2.4 \text{ berechnet.}$$

Im übrigen verlaufen aber beide Kurven durchaus parallel. Einmal ist kein Phasenunterschied vorhanden; sowohl Minimum wie

---

[1]) Siehe Jahrbuch 11. p. 74.
[2]) Astron. Nachr. No. 3689—3691.

Maximum treten zu den aus den optisch abgeleiteten Elementen berechneten Zeitpunkten ein. Für das Minimum verrät dies ohne weiteres die Kurve, das Maximum aber folgt auf das Minimum nach

Argelander in	1^d	14.6^h
Schoenfeld	1	13.6
Oudemans	1	6.0
Schur	1	13.7
Mittel:	1	12.0

während photographisch in Übereinstimmung damit gefunden wurde 1^d 10.5^h. Auch zwei mehr oder minder sichere sekundäre Anschwellungen der optischen Kurve deutet die photographische unverkennbar an. Das Nebenmaximum Argelanders bei 2.8^d findet sich, allerdings stark abgeflacht, bei 3.0^d der Kurve; Prof. Schurs Beobachtungen würden ebenfalls bei 2.5^d einen Buckel der Kurve rechtfertigen. Schur zeichnet ihn aber nicht ein. Oudemans' Schätzungen verlegen das sekundäre Maximum nach 4.9^d, also kurz vor das Hauptminimum. während nahe dabei, bei 4.3^d, auch die photographischen Aufnahmen einen zweiten Stillstand des Lichtes im absteigenden Aste anzeigen.«

Von dem Veränderlichen ζ Geminorum hat Dr. Wirtz zunächst nur zehn Aufnahmen erhalten, doch verteilen sich dieselben recht günstig über die ganze Periode des Lichtwechsels. Aus denselben folgt für die photographische Helligkeit: Maximum 4.67, Minimum 5.67, Amplitude 1.00 Grössenklasse; Zeitunterschied zwischen Maximum und Minimum 5^d 14^h. Die Untersuchung der optischen Beobachtungen dieses Sternes ergiebt als Helligkeitsschwankung nur 0.6 Grössenklasse, so dass das Verhältnis der photographischen zu der optischen Lichtschwankung 1.7 beträgt. Dr. Wirtz bemerkt im Anschluss hieran:

»Durch diesen Nachweis, dass, ausser η Aquilae, auch die Veränderlichen δ Cephei und ζ Geminorum eine photographische Amplitude besitzen, die ihre optische erheblich übertrifft, reiht sich den charakteristischen Merkmalen der Variabeln vom Aquilatypus ein neues an. Die drei Sterne haben folgende Verhältniszahlen von photographischer zu optischer Amplitude:

$$\frac{\text{Photogr. Ampl.}}{\text{Opt. Ampl.}} =$$

für	η Aquilae	1.9
	δ Cephei	2.4
	ζ Geminorum	1.7.

Dass es sich bei ihnen ausnahmslos um enge binäre Systeme handelt, lehrten schon unzweideutig die spektrometrischen Messungen der Linienverschiebungen, vornehmlich durch Belopolsky, der aus seinen Beobachtungen für das System δ Cephei die Bahn ableitete:

$$P = 5^d\ 9^h$$
$$\omega = 88^\circ$$
$$u_1 = 91$$
$$e = 0.5$$
$$a \sin i = 180000 \text{ g. Meilen.}$$

Durchgang durch das Periastron 0.9^d nach dem Minimum. Gleichfalls aus Belopolskys Aufnahmen fand ich sodann nach der von Schwarzschild angegebenen Methode für ζ Geminorum die verhältnismässig wenig exzentrische Bahn:

$$P = 10^d\ 4^h$$
$$\omega = 54°$$
$$e = 0.05$$
$$a \sin i = 394000 \text{ g. Meilen.}$$

Die Beziehnung der Phasen der Bahn zu denen der Lichtschwankung lässt sich, wegen der Unzulänglichkeit der Elemente der letztern, nicht genau festsetzen; dass aber auch hier, wie bei η Aquilae und δ Cephei, eine Verspätung der Epochen der Nullgeschwindigkeit gegen die Epochen des Lichtminimums stattfindet, ist sicher.

Speziell für δ Cephei hat A. W. Roberts eine Theorie der Erscheinungen entwickelt, die sowohl die optischen wie die spektroskopischen Beobachtungen darstellt. Er nimmt an, dass mit der Annäherung des Begleiters in exzentrischer Bahn an den Hauptstern eine Erhitzung verbunden sein müsse, die den Stern rasch bis zu seinem erst nach dem Periastron eintretenden Lichtmaximum ansteigen lasse. Da mit dieser Erhitzung nach physikalischen Gesetzen eine Verlegung des Intensitätsmaximums der Strahlung gegen das blaue, chemisch wirksamere Ende des Spektrums verbunden ist, hat eine photographisch grössere Amplitude nichts Überraschendes mehr. Ersetzt man die Erwärmungsprozesse durch Flutwellen, die in den Photosphären der beiden selbstleuchtenden Körper beim Umlaufe erregt werden, so gelangt man zu demselben Resultate, vorausgesetzt nur, dass die Photosphären aktinische Strahlen mehr absorbieren als optisch wirksame. Wahrscheinlich sind beide Ursachen, Erhitzung und Gezeitenphänomen, thätig; und durch geeignete Hypothesen über die Gezeitenreibung, über die Verspätung des Gipfels der Flutwelle gegen den Radiusvektor der beiden Körper, wird man allen Erscheinungen befriedigend gerecht werden können. Wirkliche Okkultationen braucht man nur in Ausnahmefällen, z. B. bei η Aquilae, heranzuziehen.

Der geringern Exzentrizität bei ζ Geminorum entspricht sowohl eine geringere absolute Helligkeitsschwankung und eine regelmässigere Lichtkurve, als auch ein geringes Verhältnis von photographischer und optischer Amplitude, welches eine eingehende Verfolgung des Sternes vielleicht noch vermindern wird. Am grössten findet sich dieses Verhältnis bei δ Cephei; das System hat auch die grösste Exzentrizität, Bei η Aquilae beträgt die Exzentrizität 0,14, liegt also zwischen der von ζ Geminorum und δ Cephei; ebenso auch jenes Verhältnis, welches 1.9 ausmacht.

Ein analoges Verhalten von photographischem und optischem Lichtwechsel wird mit grösster Wahrscheinlichkeit die Beobachtung noch für folgende Sterne aufdecken: T Monocerotis (Ch. 2279), W Geminorum, W Virginis (4805), X Sagittarii (6368), Y Ophiuchi

(6404), W Sagittarii (6472), Y Sagittarii (6578), U Sagittarii (6636) U Aquilae (6984), S Sagittae (7149), X Cygni (7437), T Vulpeculae (7488).« Die beiden bisher behandelten Sterne gehören zu dem Spektraltypus IIa nach Vogel, ζ Geminorum laut Draper-Cataloge, mit leichter Annäherung an IIIa, und weisen eine dunkelgelbe Farbe auf; ihrer Veränderlichkeit nach zählen sie, besonders δ Cephei, zu den regelmässigsten uns bekannten Objekten. Um nun im Gegensatze zur vorigen Gruppe auch einen Vertreter der unregelmässigen Veränderlichen photographisch zu untersuchen, wählte Dr. Wirtz den in dieser Hinsicht typischen Stern α Herculis. Dem Spektraltypus IIIa angehörend, besitzt er eine stark rötliche Färbung (in Osthoffs Skala 6.6°), welche der visuellen Beobachtung grosse Schwierigkeiten in den Weg legt, als Fehlerquelle für die photographischen Aufnahmen aber natürlich wegfällt. Die photographische Untersuchung befolgte genau den schon für δ Cephei eingeschlagenen Weg. Als Vergleichssterne dienten α, κ, ι Ophiuchi und β Herculis. Die Beobachtungen erstrecken sich auf die Zeit vom 11. Juli bis 6. Nov. 1899. Die aus der berechneten Helligkeit bestimmte Lichtkurve ergab Maxima der photographischen Helligkeit für Sept. 11 und Oktober 16, Minima für August 17 und Oktober 7, mit einer Amplitude der Lichtschwankung von 0.20 und 0.21 Grössenklasse. Das optische Verhalten des Sternes ist von Argelander, Schoenfeld, Heis und Baxendell untersucht worden. Lexterer findet als mittlere Grösse im Maximum 3.32, im Minimum 3.59, als mittlere Schwankung des Lichtwechsels 0.27 Grössenklasse. Oft ist der Lichtwechsel ganz unmerklich. Es lässt sich aus den obigen Beobachtungen von Dr. Wirtz über das Verhältnis der photographischen Amplitude zur optischen nur aus gleichzeitigen Beobachtungen urteilen und auch dies bei der Röte des Sternes und den daraus entspringenden physiologischen Einflüssen nur mit grosser Vorsicht.

Dr. Wirtz hat auch den rötlichen, ebenfalls zur Spektralklasse IIIa gehörigen Stern R Lyrae photographisch untersucht. Die Beobachtungen umfassen den Zeitraum 1899 August 10 bis Dezember 6; sie ergaben, dass dieser Stern während dessen keine regelmässige stetige Lichtänderung zeigte, sondern unruhig hin und her flackerte, was auch durch Okularbeobachtungen während dieser Zeit bestätigt wurde. Man gewinnt, sagt Dr. Wirtz, den Eindruck, als ob der Stern eine Mittelstellung einnehme zwischen dem Aquila-, Mira- und Oriontypus und, ohne dass man ihn einem derselben zuzuweisen vermöchte, einzelne Eigenschaften von allen besitzt.

Der Veränderliche SS Cygni. Der Ort dieses Sternes für 1900.0 ist: α $21^h 38^m 46.2^s$ $\delta + 43° 7' 35''$. Die Veränderlichkeit des Sternes wurde von Miss Wells auf Harvard-Photographien erkannt,[1]) und ist er seitdem von J. A. Parkhurst und Z. Daniel auf-

[1]) Harvard Circular No. 12.

merksam beobachtet worden.[1]) Dieselben fanden, dass dieser Stern in seinem normalen Glanze 11.34 Grösse ist und während drei Viertel der Periode so bleibt. Dann nimmt er rasch bis zu einem Maximum von 8.5 Grösse zu; der grösste Teil dieser Zunahme, zwischen 11. und 9. Grösse umfasst 19 Stunden. Die Abnahme ist viel langsamer. Die Veränderlichkeit zeigt indessen sogenannte lange und kurze Maxima, in erstern bleibt er 19 Tage über der normalen Helligkeit, in letztern nur 12 Tage, während die Dauer der normalen Helligkeit nach langen Maximis 44, nach kurzen 40 Tage beträgt. Die eben genannten Beobachter haben den Stern vom Dezember 1896 bis zum Juli 1900 möglichst anhaltend verfolgt. Bis zum Schlusse des Oktober 1899 zeigte er regelmässig die Abwechselung von kurzen und langen Maximis, dann aber trat plötzlich mit dem Dezember eine Umänderung des Lichtwechsels ein, indem er ein Maximum von völlig anderem Typus zeigte und diesem zwei lange, ein kürzeres und wieder ein langes Maximum folgten, bis zu dem Tage, mit dem die Mitteilungen der Beobachter schliessen. Ein solches Verhalten eines regelmässigen Veränderlichen steht bis jetzt einzig in den Annalen der veränderlichen Sterne da.

Was die normale Lichtkurve der Veränderlichkeit anbelangt, so beginnt die Helligkeitszunahme plötzlich und geht mit grosser Geschwindigkeit vorwärts, so dass in einem kurzen Maximum 2.0 Tage später, in einem langen 5.0 Tage später die grösste Helligkeit erreicht ist. Die Abnahme von 9.—11. Grösse dauert in beiden Fällen etwa 6 Tage. Auf der sogenannten normalen Helligkeit verharrt der Stern völlig ohne merkliche Lichtschwankung. Die mittlere Dauer der Periode von einem zum andern kurzen Maximum beträgt 113.29 Tage, von einem zum andern langen 114.73 Tage. Die oben genannten Beobachter betonen, dass die Lichtkurve von S S Cygni eine grosse Ähnlichkeit mit derjenigen besitzt, welche die veränderlichen Sterne in Sternhaufen zeigen.

Ein Verzeichnis von 64 neu entdeckten veränderlichen Sternen hat Edw. Pickering veröffentlicht.[2]) Sie wurden auf photographischem Wege gefunden und ein grosser Teil derselben an dem Vorhandensein von hellen Wasserstofflinien im Spektrum erkannt, andere daran, dass ihr Spektrum zum 4. Typus gehört. Pickering hat diese neuen Veränderlichen in zwei Gruppen geschieden, zur ersten gehören diejenigen, deren Lichtwechsel auch dem unerfahrensten Beobachter nicht entgehen kann, zur zweiten die, deren Helligkeitsänderungen zwischen 0.5 und 1. Grössenklasse liegen. Die Konstatierung der Veränderlichkeit geschah durch Prüfung der photographischen Aufnahme seitens zweier unabhängig urteilender und in diesen Helligkeitsschätzungen erfahrener Beobachter. Die folgende

[1]) Astrophys. Journal 12. IV. p. 259.
[2]) Harvard Circ. No. 54.

Tabelle enthält nähere Angaben über diese Sterne. In der Kolumne »Klasse« ist die Bezeichnung des Spektraltypus gegeben, dem die Sterne angehören, und zwar nach dem System des Draper Kataloges. Demzufolge bezeichnet Mc ein Spektrum des 3. Typus ähnlich dem von o Ceti im kleinsten Lichte, Md ein ähnliches Spektrum, in welchem die Wasserstofflinien indessen so hell sind wie bei o Ceti im Maximum: dazwischen liegende Spektra sind durch Mc 5 d bezeichnet; N bezeichnet ein solches des 4. Typus, und Pec. bedeutet, dass das Spektrum eigenartig ist.

Veränderliche Sterne mit starkem Lichtwechsel.

Sternbild	Bezeichnung	R. A. 1900	Dec. 1900	Klasse	Entdecker
		h. m.	° ′		
Chamäleon	Z. C. 8 h 2054	8 24.1	— 76 2	Md	W.P. Fleming
Carina		9 18.2	— 68 20	Md	W.P. Fleming
Vela	A. G. C. 13539	9 51.3	— 41 7	N	L. D. Wells
Antlia	A. G. C. 14440	10 30.8	— 39 3	N	L. D. Wells
Carina		10 33.2	— 61 48		E.C.Pickering
Centaurus	Z. C. 11 h 129	11 2.9	— 54 35	N	L. D. Wells
Virgo	— 18° 3660	13 36.3	— 18 38		L. D. Wells
Lupus	Z. C. 14 h 3225	14 52.6	— 53 0	N	W.P. Fleming
Lupus		15 8.5	— 50 25		E.C.Pickering
Circinus		15 20.0	— 57 22	Md?	W.P. Fleming
Norma	Z. C. 16 h 59	16 2.6	— 48 58	Md?	W.P. Fleming
Norma	A. G. C. 21999	16 9.0	— 52 21	Md?	W.P. Fleming
Norma	— 51° 10147	16 17.7	— 51 42	N	W.P. Fleming
Triang. Austr.	Gilliss 12087	16 39.8	— 67 36	N	W.P. Fleming
Scorpius	— 43° 11672	17 18.1	— 43 44	Md	W.P. Fleming
Scorpius	— 35° 11923	17 40.8	— 35 40	N	W.P. Fleming
Ophiuchus	— 6° 4661	17 44.8	— 6 40		W.P. Fleming
Ara	— 48° 12145	17 47.8	— 48 17	Md	W.P. Fleming
Ara	— 49° 11810	17 49.2	— 49 46	Mc	W.P. Fleming
Corona Austr.	— 39° 12196	17 58.2	— 39 20	N	W.P. Fleming
Corona Austr.		18 2.6	— 45 26	Mc	W.P. Fleming
Corona Austr.		18 7.2	— 42 53	Md	W.P. Fleming
Telescopium		18 19.0	— 49 42	Md	W.P. Fleming
Sagittarius	— 16° 4904	18 24.6	— 16 59	N	W.P. Fleming
Scutum	— 8° 4726	18 44.9	— 8 1	N	L. D. Wells
Scutum	— 8° 4764	18 50.0	— 8 19	N	W.P. Fleming
Sagittarius		18 55.9	— 12 54	Md	W.P. Fleming
Sagittarius	— 22° 4958	18 57.7	— 22 51	Mc	W.P. Fleming
Telescopium		19 0.5	— 49 4	Md	W.P. Fleming
Telescopium	C. P. D. — 50° 11027	19 10.5	— 50 38	Md?	W.P. Fleming
Lyra	+ 42° 3338	19 22.2	+ 42 36		W.P. Fleming
Telescopium		19 43.1	— 50 15	Md	W.P. Fleming
Telescopium		20 11.2	— 52 56	Md	W.P. Fleming
Telescopium	— 51° 12487	20 12.9	— 51 1	Mc 5 d	W.P. Fleming
Cygnus		21 35.7	+ 42 45		H. R. Colson
Aquarius	— 22° 5901	22 17.7	— 22 35	Md?	W.P. Fleming
Piscis Austr.	A. G. C. 30605	22 20.5	— 29 35		W.P. Fleming
Andromeda	+ 48° 4093	23 28.8	+ 48 16	Md?	W.P. Fleming
Pegasus	+ 25° 5054	23 55.0	+ 25 21	Md?	W.P. Fleming

Veränderliche Sterne mit geringerem Lichtwechsel.

Sternbild	Bezeichnung	R. A. 1900	Dec. 1900	Klasse	Entdecker
		h. m.	° ′		
Hydrus		2 10.4	— 71 57	Mc 5 d	W.P. Fleming
Hydrus	A. G. C. 2634	2 26.3	— 69 58	Mc 5 d	W.P. Fleming
Cetus	A. G. C. 2859	2 37.4	— 23 2	Mc 5 d	W.P. Fleming
Horologium	Z. C. 2 h 1104	2 41.2	— 54 44	Mc	W.P. Fleming
Eridanus	— 1° 546	3 46.4	— 1 41	Mc 5 d	W.P. Fleming
Puppis	A. G. C. 8954	7 1.7	— 35 47	Mc 5 d	W.P. Fleming
Canis Major	— 11° 1805	7 3.4	— 11 46	N	W.P. Fleming
Lynx	+ 46° 1271	7 20.9	+ 46 10	Mc	W.P. Fleming
Hydra	— 8° 2343	8 19.6	— 8 11	Mc 5 d	W.P. Fleming
Hydra	— 9° 2612	8 34.9	— 9 14	Mc 5 d	W.P. Fleming
Virgo	— 8° 3329	12 15.2	— 8 27	Md?	W.P. Fleming
Centaurus	A. G. C. 17944	13 6.3	— 56 28		L. D. Wells
Virgo	— 2° 3653	13 8.9	— 2 16	Mc 5 d	W.P. Fleming
Chamäleon	A. G. C. 18352	13 24.6	— 77 3		W.P. Fleming
Lupus	Z. C. 14 h 970	14 16.9	— 47 4	N	W.P. Fleming
Norma	— 50° 10442	16 14.6	— 50 14	Md	W.P. Fleming
Serpens	— 15° 4923	18 13.6	— 15 39	N	W.P. Fleming
Corona Austr.		18 23.7	— 45 2	Md	W.P. Fleming
Telescopium	— 48° 12910	19 0.1	— 48 44	Mc	W.P. Fleming
Sagittarius	— 16° 5360	19 28.6	— 16 35	N	L. D. Wells
Sagittarius	C. P. D.— 41° 9189	19 40.6	— 41 26	Mc 5 d	W.P. Fleming
Sagittarius	A. G. C. 27520	20 0.8	— 27 31	Mc 5 d	W.P. Fleming
Octans	Gilliss 15580	22 5.7	— 85 10	Mc 5 d	W.P. Fleming
Aquarius	— 18° 6299	23 19.2	— 17 52	Pec.	W.P. Fleming
Cassiopeiae	+ 56° 3111	23 49.4	+ 56 56	Pec.	L. D. Wells

Von einer Anzahl Sterne dieser Verzeichnisse, sowie von einigen früher als veränderlich erkannten, wurden auf den Photographien der Harvardsternwarte die Maxima und Minima der Helligkeit, in denen sie auf den Photographien erschienen, bestimmt. Die Ergebnisse enthält folgende Tabelle:

Photographische Helligkeit veränderlicher Sterne.

R. A. 1900	Dez. 1900	No.	Maximum	Minimum	Quelle	R. A. 1900	Dez. 1900	No.	Maximum	Minimum	Quelle
h. m.	° ′					h. m.	° ′				
2 10.4	—71 57	75	9.6	10.5	Tabelle II	16 54.3	—54 55	50	9.9	11.0	Circular 24
2 37.4	—23 2	68	7.7	8.6	Tabelle II	17 34.7	—57 40	43	8.3	9.8	Circular 24
6 28.1	— 8 48	54	9.0	10.1	Circular 32	17 45.7	—51 40	56	8.9	12.4	Circular 24
8 1.7	—38 29	47	0.3	10.2	Circular 24	17 47.3	—48 17	134	9.7	<12.3	Tabelle I
8 3.1	—22 38	23	9 4	11.6	Circular 24	18 13.6	—15 39		8.5	9.1	Tabelle II
8 24.7	— 5 59	48	8.0	9.6	Circular 24	18 19.0	—49 42	129	11.3	<12.7	Tabelle I
8 34.9	— 9 14	70	7.7	9.0	Tabelle II	18 23.7	—45 2	107	11.9	12.6	Tabelle II
9 13.5	—65 49	116	10.9	12.1	Circular 32	19 10.5	— 50 38	113	9.2	10.6	Tabelle I
10 8.3	+60 31	76	7.0	8.3	Circular 32	19 22.2	+42 36	191	7.2	8.1	Tabelle I
10 33.2	—61 48	210	10.1	<12.5	Tabelle I	19 37.1	+32 23	58	8.7	10.3	Circular 24
11 59.6	— 5 13	77	7.2	8.8	Circular 32	20 3.3	—60 14	75	9.0	10.2	Circular 24
12 2.1	— 6 12	80	7.1	8.3	Circular 24	20 11.2	—52 56	91	10.5	12.9	Tabelle I
13 15.1	—61 3	55	10.5	11.3	Circular 24	20 12.9	—51 1	124	8.1	9.7	Tabelle I
14 1.7	+13 59	30	10.0	13.0	Circular 24	21 13.6	—45 27	83	7.2	8.9	Circular 24
16 17.7	—51 42	102	11.0	<12.3	Tabelle I	23 19.2	—17 52	73	8.3	<9.4	Tabelle II

Das Maximum des Veränderlichen Mira Ceti im Jahre 1899 wurde von A. A. Nijland durch Beobachtungen auf den 19. September fixiert,[1]) während Chandlers Rechnung den 3. September als Tag des Maximums giebt. Die Verspätung beträgt also 16 Tage. Nach Nijland hat man überhaupt für die vier letzten Maxima dieses Sternes folgende Daten:

Beobachtetes Maximum	Berechnetes Max. nach Chandler	Verspätung	Periodendauer	Helligkeit
1897 Januar 11	1876 Dezemb. 12	30d		3.70 Grösse
1891 Novemb. 26	1897 Novemb. 9	17	319d	3.24 «
1898 Oktober 4	1898 Oktober 6	—2	312	2.91 «
1899 Septemb. 19	1899 Septemb. 3	16	350	3.75 «

Der Veränderliche S Arae, welcher vor nicht langer Zeit von Innes entdeckt wurde, ist von Alexander W. Roberts zu Lovedale genauer beobachtet worden.[2]) Der Stern ist auf der nördlichen Hemisphäre nicht zu sehen. Roberts giebt folgende Elemente des Lichtwechsels: Periodendauer $10^h\ 50^m\ 45^s$, Epoche des hellsten Lichtes: 1900 Januar 1. $4^h\ 12^m$ (M. Zt. Greenwich), Epoche des kleinsten Lichtes: 1900 Januar 1. $7^h\ 20^m$ (M. Zt. Greenwich), Verhältnis der Zunahme zur Dauer der Lichtabnahme 0.29, Grenzen der Veränderlichkeit 9.53 und 10.84 Grösse.

Der veränderliche S Carinae ist bezüglich seiner Periodendauer von Alex. W. Roberts genauer untersucht worden,[3]) wobei sich ergab, dass die Länge dieser Periode einer bestimmten säkularen Veränderung unterliegt. Die früheste brauchbare Helligkeitsschätzung des Sternes ist von Lacaille, 1752, März 3, der denselben 7. Grösse fand, so dass damals der Veränderliche nicht weit von seinem Helligkeitsmaximum sein konnte. Genaue und zahlreiche Beobachtungen über denselben liegen seit 1867 vor, und Roberts kommt durch Beobachtung derselben zu folgendem Ergebnisse:

1. Die mittlere Periode der Lichtschwankung von S Carinae beträgt 309·3 Tage, sie variiert zwischen 305·8 und 312·8 Tagen.
2. Die untere Grenze dieser Dauer wurde 1896, die obere 1877 erreicht.
3. Gegenwärtig (1901) beträgt die Periodendauer 307·4 Tage.
4. Der Cyklus dieser periodischen Schwankungen wird in 37 oder 38 Jahren durchlaufen.

Es wäre von Wichtigkeit, diesen Stern spektroskopisch zu verfolgen, um die Bewegung desselben in der Gesichtslinie zur Erde und deren etwaige Änderungen festzustellen.

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3678.
[2]) Monthly Notices 61. III, 1901 Jan. p. 163.
[3]) Monthly Notices 61. VIII. p. 552.

Die Bahnen des Veränderlichen des Algoltypus: R R Puppis und V Puppis sind von Alex. W. Roberts untersucht worden.[1]) Der Ort von R R Puppis ist (1900.0): α 7^h 43^m 31^s δ — 40° 7.6'. Nach den Beobachtungen zu Lovedale ist die Dauer der Periode nahe 6^d 10^h 19.6^m, und die Lichtkurve in ihrem Verlauf sehr ähnlich jener von S Velorum. Die Dauer der Lichtzunahme beträgt 4^h 15^m, die stationäre Periode im Minimum 8^h 30^m. Im Maximum ist der Stern 2.7 mal heller als im Minimum; die Helligkeitsunterschiede schwanken zwischen 9.1 und 10.8 Grösse. Die Bahn kann sich nicht sehr von der Kreisform entfernen; wird ihr Radius = 1 gesetzt, so ist der Radius des Hauptsternes = 0.26, des Begleiters 0.08. Der kleinere Stern muss dagegen nahezu zweimal so viel Licht ausstrahlen als die grössern Komponente, oder in gleich grossen Teilen der Oberfläche beider fünfzehnmal so hell sein. Die relative Nähe zweier Sterne von so ungleicher Leuchtkraft ist merkwürdig.

Der Ort von V Puppis ist (1900.0): α 7^h 55^m 22^s δ — 48° 58.4' und die mittlere Periode seiner Veränderlichkeit beträgt 1^d 10^h 54^m 26.7^s. Die Lichtkurve zeigt zwei ungleiche Minima und zwei gleiche Maxima, sehr ähnlich derjenigen von V Pegasi. Schon 1895 wurde der Stern als spektroskopischer Doppelstern erkannt.[2]) Die spektroskopischen Beobachtungen führen auf eine Periodendauer von 3^d 2^h 46^m, welche mit derjenigen der Lichtschwankungen nicht vereinbar ist. Roberts giebt folgende Phasen:

1. Minimum	(4.78 Gr.)	1900 Januar	1.	5^h	5^m (M. G. Zt.)
1. Maximum	(4.14 «)	«	1.	13	50
2. Minimum	(4.66 «)	«	1.	22	40
2. Maximum	(4.14 «)	«	2.	7	15

Roberts kommt zu dem Ergebnisse, dass die Lichtkurve des Sternes nur erklärt werden kann unter der Annahme, dass die beiden Komponenten, welche dieses System bilden, in gegenseitiger Berührung miteinander sind. Unter diesen Umständen müssen natürlich grosse Deformationen beider Weltkörper stattfinden, deren Betrag allerdings nicht bestimmt werden kann. Die Dichte des Systems kann nach Roberts nicht grösser sein als 0.02.

Die Nova Aquilae 1899, welche im Jahre 1900 auf Cambridger Photographien von Mrs. Fleming entdeckt wurde, ist bisher noch nicht genauer nach ihrem spektroskopischen Verhalten geschildert worden. Jetzt giebt nun Prof. E. Pickering einige weitere Mitteilungen darüber.[3]) Der Ort des Sternes ist für 1900: α 19^h 15.3^m δ — 0° 19'. Der Stern fehlt auf Platten, die am 1. November 1898 und früher aufgenommen wurden und Sterne bis 13. Grösse enthalten. Am 21. April 1899 erscheint er dagegen als Stern 7. Grösse,

[1]) Astrophys. Journal 1901. No. 3. p. 177.
[2]) Harvard Circular No. 14.
[3]) Harvard Circular No. 56.

und am 27. Oktober 1899 war er bereits 10. Grösse. Im Juli 1900, nachdem er entdeckt worden, war er etwa 12. Grösse. In seinem Spektrum zeigten sich 1899 Juli 3 sieben helle Linien: Hζ, Hε, Hδ, Hγ 4693, Hβ und die Nebellinie 5007. Auf einer Aufnahme vom 7. September 1899 waren dagegen Hγ und eine etwas schwächere Linie, wahrscheinlich von der Wellenlänge 4959, die einzigen sichtbaren hellen Linien. Am 27. Oktober 1899 waren Hγ und 5007 allein sichtbar und hell, so dass das Spektrum demjenigen eines gasförmigen Nebelfleckes glich.

Auf der Lickssternwarte wurde das sichtbare Spektrum dieser Nova von Campbell und Wright am 27. August 1900 mit einem einfachen Prismenspektroskop am 36-Zoller beobachtet. Es erschien als ein äusserst schwaches Licht im Grün, und ausserdem zeigte es drei helle Banden in den Positionen der Hauptnebellinien. Die Intensitäten dieser Banden schienen auch ziemlich in demselben Verhältnisse zu stehen wie bei den Nebelspektren. Diese Banden waren nicht monochromatisch, sondern sehr breit, vielleicht doppelt so breit als die Banden in dem Nebelspektrum der Nova Aurigae im August 1892.[1])

Die Nova Persei 1901. Am 21. Februar, $13^h\ 40^m$ M. Z. G. entdeckte T. D. Anderson in Edinburg im Perseus einen neuen Stern. Der Ort desselben ist nach den Beobachtungen auf der Harvardsternwarte für 1900.0:

$$\alpha\ 3^h\ 24^m\ 24.02^s\ \delta + 43^0\ 33'\ 42.4''$$

Nach der photographischen Aufnahme der Harvardsternwarte war am 19. Februar an diesem Punkte des Himmels kein Stern vorhanden, dessen Helligkeit die 11. Grössenklasse erreichte. Am Abende des 21. Februar konnte die Nova nicht 3. Grösse gewesen sein, da Dr. Hartwig in Bamberg die betreffende Gegend des Himmels in Augenschein nahm, und ihm ein fremder Stern dieser Grösse sicher nicht entgangen wäre. Anderson bezeichnet den Stern als 2.7 Grösse; am Abende des 22. Februar hatte er jedoch schon die Helligkeit des Procyon erreicht; Hartwig fand ihn an diesem Tage $10^h\ 39^m$ mittl. Zeit von Bamberg 0.2 Grössenklasse heller als α Geminorum, bis $13^3/_4{}^h$ aber liess sich eine weitere Helligkeitszunahme nicht erkennen. In der folgenden Nacht, Februar 23, war dagegen die Nova heller geworden, und sie erschien in Bamberg gleich hell mit Capella. Februar 24 $6^1/_2{}^h$ sah Prof. Kreutz in Kiel den neuen Stern nur noch in der Helligkeit der Capella, und Februar 26 8^h mittlere Zeit von Kiel konnte dort eine weitere Lichtabnahme desselben konstatiert werden. Auch Dr. Hartwig fand in der Nacht vom 26. zum 27. Februar eine entschiedene Abnahme der Helligkeit. Das Maximum

---

[1]) Astrophys. Journal 12, No. 4, p. 258.

der Helligkeit scheint hiernach nahe um die Zeit der Mitternacht vom 23. zum 24. Februar eingetreten zu sein.

Am 24. Februar wurde der Stern auf der Yerkessternwarte am 40zolligen Refraktor untersucht; er war 1. Grösse, und seine Farbe weiss mit einem Stiche ins Rötliche; sehr ähnlich α Orionis. Photometrisch wurde die Nova mit dem Keilphotometer von Prof. Parkhurst untersucht und folgende Grössen derselben bestimmt:

Februar 25	1.0	Grösse	März 3	2.7	Grösse
» 26	1.1	»	» 4	2.8	»
» 27	2.0	»	» 5	2.7	»
» 28	1.9	»	» 6	3.1	»

Diese Bestimmungen deuten auf Lichtschwankungen bei der allgemeinen Helligkeitsabnahme, und Dr. v. Glasenapp sowie Prof. K. Bohlin in Stockholm erkannten diese Lichtfluktuationen deutlich. Nach des letztern Beobachtungen haben zwei Minima des Lichtes stattgefunden, März 19 und März 22. Am 23. März morgens war der Stern wieder in Lichtzunahme begriffen. Dr. v. Glasenapp bestätigte diese Minima und fügte noch ein weiteres, am 25. März eingetretenes, hinzu. Dieselben drei Minima hat ganz unabhängig auch Prof. Dunér in Upsala konstatiert.

Auf dem Radcliffeobservatorium in Oxford wurden folgende Mittelwerte der Helligkeit der Nova erhalten, [1]) bezogen auf die Grössenskala der Harvardphotometrie:

März 8	3.10	Grösse	März 21	3.91	Grösse	März 31	4.40	Grösse
» 9	3.61	»	» 22	5.20	»	April 1	4.19	»
» 10	3.60	»	» 23	3.92	»	» 4	4.08	»
» 11	3.83	»	» 24	4.20	»	» 5	4.28	»
» 12	3.87	»	» 25	5.15	»	» 6	5.60	»
» 13	4.03	»	» 26	4.12	»	» 7	5.60	»
» 16	3.83	»	» 27	3.98	»	» 8	4.40	»
» 18	4.00	»	» 28	4.61	»	» 9	4.57	»
» 20	3.74	»	» 30	4.14	»	» 10	5.31	»

Stanley William hat [2]) auch Helligkeitsbestimmungen der Nova ausgeführt und folgende Grössen (auf die Harvardphotometrie bezogen) erhalten: März 5 2.65; März 7 2.83; März 9 3.3; März 12 3.25; März 18 4.13; März 22 5.22; März 25 5.32; März 26 4.12; März 27 4.02; März 28 4.35; März 29 3.75; März 31 4.35; April 1 4.27; April 4 4.12. Auch Veränderungen der Farbe der Nova hat der Beobachter konstatiert, der Stern schwankte in dieser Beziehung zwischen Weiss und dem roten Tone von Aldebaran. Bei guter Luft stellte sich die Nova stets als scharf begrenzter Stern dar.

Während des April sind die Helligkeitsschwankungen der Nova von A. Müller und P. Kempf auf dem Observatorium zu Potsdam genauer untersucht worden. Diese Beobachter berichten: [3]) »Seit

---

[1]) Monthly Notices 1901. 61. p. 308.
[2]) a. a. O. p. 396.
[3]) Astron. Nachr. No. 3714.

dem Erscheinen der Nova Persei haben wir dieselbe, so oft es die Witterung gestattete, photometrisch beobachtet, und es ist uns gelungen, bis Ende April an 32 Tagen brauchbare Helligkeitswerte zu erhalten. Wir beabsichtigen, die Messungen auch weiter fortzuführen und später eine zusammenfassende Arbeit über die interessanten Lichterscheinungen des Sternes, welche vielleicht für die Beurteilung der verschiedenen, über die neuen Sterne aufgestellten Hypothesen von Bedeutung sein werden, zu veröffentlichen, nicht nur auf Grund unserer eigenen Messungen, sondern mit Benutzung aller brauchbaren Beobachtungen, soweit sie sich mit genügender Sicherheit auf ein gemeinschaftliches Grössensystem reduzieren lassen. Zunächst geben wir nur einen kurzen, vorläufigen Überblick über die merkwürdigen periodischen Lichtschwankungen der Nova während der letzten Wochen.

Bei frühern neuen Sternen, z. B. bei der Nova Aurigae, ist ebenfalls die gleichmässige Abnahme des Lichtes mehrfach durch kleinere oder grössere Wellen unterbrochen worden, aber niemals sind bisher während eines längern Zeitraumes regelmässig wiederkehrende Lichtschwankungen von so erheblichem Betrage konstatiert worden. Es scheint nach allem, was bisher veröffentlicht worden ist, als ob der Beginn dieser grössern Helligkeitsschwankungen, die noch heute (Mai 7) fortdauern, auf den 16. März fällt. Bis dahin hat die Nova vom 23. Februar an, wo sie ihre Maximalhelligkeit (ungefähr 0.1 *m*) erreicht hatte, offenbar stetig, höchstens mit geringen, eine halbe Grössenklasse nicht übersteigenden Schwankungen, zuerst schneller, dann langsamer bis zur 4. Grösse abgenommen. Am 16. März erfolgte dann ein Anwachsen der Helligkeit, am 18. war ein sekundäres Maximum von etwa 3.5 *m* erreicht, und am 19. ist nach übereinstimmenden Mitteilungen verschiedener Beobachter die Helligkeit plötzlich bis auf etwa 5.3 *m* herabgesunken. Am 20. wurde wieder ein Maximum (etwa 3.5 *m*) und am 22., 25. und 28. scharf ausgeprägte Minima (Grösse etwa 5.0—5.5 *m*) beobachtet.

Vom 9. bis zum 27. April haben wir hier eine zusammenhängende Messungsreihe erhalten, in welcher nur zwei Tage fehlen, und welche daher ein sehr sicheres Bild von den Lichtänderungen der Nova während dieser Wochen giebt. Es zeigt sich, dass die Helligkeit innerhalb dieser Zeit zwischen 4.3 und 6.0 *m* geschwankt hat, dass aber die Länge der Wellen, welche im Monat März etwa drei Tage umfasst zu haben scheint, allmählich grösser geworden ist und gegenwärtig ungefähr fünf Tage beträgt.« Die Beobachter teilen ihre einzelnen Helligkeitsbestimmungen vom 9.—27. mit. An einigen Tagen ist die Nova mehrere Stunden hindurch verfolgt worden, um zu prüfen, ob innerhalb kurzer Zeit unregelmässige Lichtschwankungen, eintreten, doch wurden solche nicht bemerkt. Aus einer graphischen Darstellung ergeben sich die folgenden angenäherten Zeiten für die Maxima und Minima:

Maxima	Minima
April 8.8	April 11.2
13.4	16.1
18.2	21.2
23.1	25.9
27.9	

»Die Periodenlänge beträgt hiernach während der Zeit von April 9 bis April 27 im Durchschnitte etwa 4.8 Tage, sie scheint aber nicht ganz konstant gewesen zu sein. Der Stern verweilte offenbar etwas länger in der Nähe des Minimums als in der Nähe des Maximums, und es muss das Anwachsen der Helligkeit mit grosser Schnelligkeit vor sich gehen.

Auffallend ist noch die auch bereits von anderer Seite bemerkte Farbenänderung, welche im direkten Zusammenhange mit dem Lichtwechsel steht. Aus den Farbenschätzungen ergiebt sich, dass der Stern in der Nähe der Maxima weisslichgelb oder höchstens gelb ist, im Minimum dagegen rötlich. Im Spektrum spricht sich diese Farbenänderung dadurch aus, dass im Maximum das kontinuierliche Spektrum, insbesondere die violetten Partien desselben, relativ viel stärker hervortreten als im Minimum.«

Die Beobachtungen auf dem Radcliffeobservatorium während des Mai ergaben[1]) auch eine deutliche Beziehung zwischen der Helligkeit und der Farbe der Nova, die Rötung nahm in dem Masse zu, als der Stern an Helligkeit verlor. Mittels der zu Oxford erhaltenen Helligkeitsbestimmungen ergiebt sich folgendes:

Mai	11	6.05	Grösse	Mai	17	5.00	.Grösse	Mai	24	5.88	Grösse
«	12	5.20	«	«	18	4.65	«	«	31	6.10	«
«	13	4.50	«	«	20	5.67	«	Juni	3	5.05	«
«	14	5.55	«	«	21	6.05	«	«	6	6.00	«
«	15	6.00	«	«	22	4.40	«	«	8	4.57	«
«	16	5.90	«	«	23	5.70	«				

Die spektroskopischen Beobachtungen der Nova wurden sofort nach dem Bekanntwerden der Erscheinung begonnen. Auf dem Observatorium zu Edinburg fand man am 23. Februar das Spektrum völlig kontinuierlich, doch bei genauer Prüfung zeigten sich mehrere sehr schwache Fraunhofersche Linien, so dass es im ganzen einem schwach entwickelten Sonnenspektrum glich. Februar 22 fand man auf der Harvardsternwarte das Spektrum kontinuierlich mit 25 dunklen Linien und gegen das rote Ende hin 6, im blauen Teile eine helle Linie. Am 25. Februar abends dagegen telegraphiert Prof. Pickering an die astronomische Zentralstelle in Kiel, das Spektrum habe sein Aussehen stark geändert und gleiche nunmehr dem Spektrum, welches einst die Nova im Fuhrmann gezeigt hat.

Auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam wurde der neue Stern zuerst am 23. Februar spektralanalytisch untersucht,

---

[1]) Monthly Notices 61. p. 544.

und Geh.-Rat Vogel schrieb darüber:[1] »Die Nova wurde von mir und Prof. Lohse am Schröderschen Refraktor von 30 *cm* Öffnung und von Dr. Hartmann am Leitfernrohre des grossen Refraktors beobachtet. Sie erschien etwas heller als Capella und zeigte ein kontinuierliches Spektrum Klasse I, Blau und Violett, auffallend hell. Mit Okularspektroskopen war keine Spur von Linien, weder von hellen, noch dunklen zu erkennen.

Dr. Hartmann hat am 80 *cm* Refraktor zwei Aufnahmen des Spektrums mit Spektrograph I (schwache Dispersion) angefertigt, auf denen eine Reihe von matten breiten Absorptionsbändern zu erkennen ist, und ausserdem zwei ganz scharfe schmale Linien auftreten. Das Spektrum erstreckt sich von λ 3740 bis λ 5800 und enthält auf dieser Strecke keine Emissionslinien. Nach Dr. Hartmanns Messungen sind die Wellenlängen der beiden scharfen Absorptionslinien 3934 und 3969; sie sind ohne Zweifel identisch mit den bekannten Calciumlinien H und K. Aus der Lage dieser Linien ergiebt sich als vorläufiger Wert für die Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie relativ zur Sonne: + 18 *km*. Alle übrigen Linien sind ausserordentlich breit und verwaschen, so dass ihre Messung schwierig ist. Unter diesen Linien tritt die ganze Serie der Wasserstofflinien von $H\beta$ bis $H\varkappa$ auf; ferner scheinen die Magnesiumlinie λ 4481 und die beiden Siliciumlinien λ 3856 und λ 4128 vorhanden zu sein. Die letztgenannten Linien bringen das Spektrum in eine nahe Verwandtschaft mit dem Spektrum von β Orionis.

Alle verwaschenen Linien besitzen eine Verschiebung nach der Seite der kürzern Wellenlängen hin, die einer Geschwindigkeit (rel. zur Sonne) von — 717 *km* entsprechen würde.

Ferner hat Dr. Ludendorff mit dem Spektrographen IV (starke Zerstreuung) in Verbindung mit dem photographischen Refraktor von 32 *cm* Öffnung vier Aufnahmen gemacht. Ausdehnung des Spektrums von λ 4040 bis λ 4520. Auf zwei, etwas kräftiger exponierten Platten ist nichts als ein kontinuierliches Spektrum zu erkennen mit auffallend grosser Intensität im violetten Teile; die zwei andern zeigen einige äusserst schwache, sehr verwaschene breite Absorptionsbänder. Es ist mir mit grosser Anstrengung gelungen, die Lage dieser matten, breiten Bänder im Spektrum durch Messungen einigermassen sicher zu bestimmen.

Die Resultate der Beobachtungen sind folgende:

1.	λ 4092.5	? $H\delta$
2.	λ 4122:	? Si
3.	λ 4202.8	
4.	λ 4228::	? Ca
5.	λ 4331.0	? $H\gamma$
6.	λ 4473:	? Clev., ? Mg

[1] Astron. Nachr. No. 3693.

Nimmt man für Linie 1 und 5 an, dass es die angegebenen Wasserstofflinien seien, so resultiert aus der Wellenlängendifferenz eine Geschwindigkeit des Wasserstoffgases relativ zur Erde von — 695 *km*, resp. — 664 *km* (relativ zur Sonne): — 722 *km* und — 691 *km*). Linie 6 mit der Cleveïtgaslinie λ 4471.6 identifiziert, würde eine Geschwindigkeit von + 43 *km* relativ zur Erde oder + 16 *km* relativ zur Sonne ergeben. Identifiziert man diese Linie dagegen mit der Magnesiumlinie λ 4481.4, so ergiebt sich rund: — 600 *km* relativ zur Sonne.«

Ausführliche Mitteilungen über die Beobachtungen der Nova machte Prof. Pickering in Cambridge im Circular No. 56. Das Telegramm über den neuen Stern traf in Cambridge (N. A.) am 22. Febr. abends ein. Dort herrschte Schneefall, doch gelang es, von Zeit zu Zeit zwischen den Schneewolken den Stern zu sehen. Er war etwa so hell als α Orionis. Mittlerweile wurde auch das photographische Material, welches auf dem Observatorium aufbewahrt wird, von Mrs. Fleming durchmustert, und es ergab sich, dass die Gegend des Himmels, in der die Nova steht, am 19. Februar von $11^h\ 18^m$ Greenwicher Zeit ab mit 66^m Exposition aufgenommen war. Diese Aufnahme giebt die feinsten Sterne der Bonner Durchmusterung und selbst solche 11. Grösse, aber keine Spur der Nova ist auf ihr zu sehen. Ebensowenig fand sich solche auf Platten, die am 2., 6., 8. und 18. Februar erhalten waren, noch auf solchen aus dem Jahre 1894, welche Sterne 12.5 Grösse enthalten.

Während der Nacht des 22. Februar wurden mit verschiedenen Instrumenten 18 Photographien der Nova auf der Harvardsternwarte aufgenommen. Sie ergaben, dass photographisch der Stern 0.3 Klasse schwächer war als α Aurigae. Das allgemeine Aussehen seines Spektrums ähnelte dem der Sterne des Oriontypus und war völlig unähnlich denjenigen der frühern neuen Sterne, in welchen die hellen Spektrallinien vorwiegen. Die Nova im Perseus zeigte nur ein kontinuierliches Spektrum, von 33 dunklen Linien durchzogen, deren Wellenlängen wie folgt bestimmt wurden: 3894, 3970 (Hε), 4026, 4077, 4102 (Hδ), 4126, 4151, 4266, 4341 (Hγ), 4366, 4388, 4415, 4435, 4470, 4481, 4510, 4530, 4552, 4572, 4616, 4643, 4665, 4714, 4862 (Hβ), 4885, 4922, 5325, 5399, 5431, 5677, 5695, 5719, 5761. Eine sorgfältige Prüfung ergab, dass die Linien 3970, 4102, 4341, 4481 und 4862 an der nach der grössern Wellenlänge liegenden Seite hell erschienen. Die Linie 4665 war nach der andern Seite hin hell, oder dort befand sich eine helle Linie von der Wellenlänge 4660.

Am 23. Februar war die Bewölkung so dicht, dass nur wenig Beobachtungen gelangen. Die Nova erschien heller als α Aurigae. Das schwache photographierte Spektrum, welches erhalten wurde, zeigte keine Veränderung, ausser dass die Linie K, welche am vorherigen Abende fehlte, nunmehr fast so intensiv als Hε erschien.

Am 23. Februar wurde der Himmel nach Mittag klar, und die Nova war am 6-zolligen Refraktor und im 2-zolligen Sucher bei hellem Sonnenscheine sichtbar. Abends wurde sie photographisch als 0.4 oder 0.5 schwächer wie α Aurigae gefunden, mit dem Meridianphotometer bei hellem Tageslichte als 0.28 Grösse. Das Spektrum zeigte merkwürdige Veränderungen: es war von zahlreichen hellen Linien und dunklen Banden durchzogen und sehr ähnlich dem Spektrum der frühern Nova Aurigae. Die Hauptlinien waren dunkel und von hellen Linien, die etwas grössere Wellenlänge besassen, begleitet. Die hellen Linien, welche K und $H\varepsilon$ begleiten, waren umgekehrt und von schmalen, scharfen, dunklen Linien durchgezogen. Diese letztern und eine Linie von etwas kürzerer Wellenlänge als $H\beta$ waren die einzigen scharfen Linien im Spektrum, alle übrigen breit und verschwommen und schwer mit Genauigkeit zu messen. Bis zum 25. Februar verhinderten Wolken die weitern Beobachtungen, dann aber erschien die Nova bedeutend schwächer als vorher. Nach Okularbeobachtungen war die Helligkeit 1.4 Grösse, nach photometrischen Messungen 1.07 Grösse. Das Spektrum war etwas von dem am 24. Februar verschieden: die Linien $H\delta$, $H\gamma$ und $H\beta$ waren auch umgekehrt und ersetzt von einer oder mehrern schmalen dunklen Linien.

Februar 26. war die Nova nach Okularschätzungen 1.3, nach photometrischen Beobachtungen 1.49 Grösse, die Veränderungen im Spektrum waren unbedeutend.

Beobachtungen über die Position der Nova ergaben für 1900.0: Rektas. $3^h\ 24^m\ 24.02^s$ Dekl. $+\ 43^0\ 33'\ 42,4''$. Zusammenfassend bemerkt Professor Pickering: Die Nova war vor dem 19. Februar unsichtbar oder wenigstens schwächer als 11. Grösse. Februar 21 war sie 2.7 Grösse (nach Anderson), Februar 22 0.5 Grösse, Februar 23 vielleicht etwas weniger hell, dann abnehmend, so dass sie Februar 25 als 1.1 Grösse erschien. Ihr Spektrum war am Februar 22 und 23 vom Typus der Orionsterne, fast kontinuierlich, von schmalen, dunklen Linien durchzogen. Während der nächsten 24 Stunden fand eine aussergewöhnliche Änderung desselben statt, sodass es vom 24. Februar ab dem der frühern Nova glich. Es war von hellen und dunklen Banden durchzogen, und die dunklen Hauptlinien erschienen an der Seite der grössern Wellenlänge begleitet von hellen Linien.

In Upsala hat Prof. Dunér den Stern am 23. und 24. Februar so hell als Capella gefunden.[1]) Das Spektrum, mit Okularspektroskop von nicht starker Zerstreuung untersucht, zeigte sich im ganzen mit dem von T Aurigae übereinstimmend, d. h. die Wasserstofflinien C und F bestanden aus einer dunklen und einer nach der roten Seite davor liegenden hellen Linie. Auch im Grün wurden helle und

[1]) Astron. Nachr. No. 3696.

ausserdem mehrere dunkle Linien gesehen. Die D-Linie war sichtbar, ob aber D_3 hell war, konnte Prof. Dunér mit Sicherheit nicht sehen.

Auf der Yerkessternwarte wurde eine Photographie des Spektrums mit dem Ein-Prisma-Spektrographen am 28. Februar erhalten und von Prof. E. Hale vermessen. Eine Prüfung der Photographie ergiebt, dass das Spektrum sehr ähnlich ist demjenigen der Nova Aurigae. Die Wasserstofflinien, besonders C und F, sind hell und sehr breit. Die dunklen Linien, welche sie überlagern (und die nicht reproduziert sind), sind wahrscheinlich Umkehrungen infolge der Absorption in den Schichten eines äussern, kältern und unter geringem Druck stehenden Gases. An der stärker brechbaren Seite werden die hellen Wasserstofflinien von dunklen Linien begleitet, genau so wie im Spektrum der Nova Aurigae. Dies zeigt nicht nur die Photographie, sondern auch die direkte Beobachtung mit einem Drei-Prismen-Spektroskop. Als im Vergleichsspektrum die hellen Natriumlinien hervorgerufen wurden, konnte die Verschiebung der entsprechenden Linien im Novaspektrum gemessen werden, und es ergab sich, dass der neue Stern sich mit geringer Geschwindigkeit in der Gesichtslinie von der Erde entfernt. Die Heliumlinie D_3 scheint im Spektrum als dunkle Linie vorhanden zu sein, sehr nahe neben dem hellen Natriumbande an der brechbarern Seite. Die hellen Calciumlinien H und K sind bemerkenswert durch ihre grosse Breite und dadurch, dass sie von schmalen, dunklen Linien durchzogen werden. Die Hauptlinie der Nebelflecke scheint ebenfalls vorhanden zu sein (Wellenlänge λ 5002—5041) und eine schwache Linie oder eine Bande (λ 4911—4988) bedeckt die Region des Spektrums, in welcher die zweite Nebellinie aufzutreten pflegt. Die Magnesiumgruppe b ist zweifellos repräsentiert durch ein sehr helles Band (λ 5154—5204). Die grüne Coronalinie (λ 5303) würde nahe mit dem brechbarsten Rande eines hellen Bandes im Spektrum der Nova zusammenfallen.

Die Platten seit Februar 24 zeigen zahlreiche Veränderungen: dunkle schmale Linien erscheinen auf den hellen Banden, und letztere nehmen an Intensität im Vergleiche zu dem kontinuierlichen Spektrum zu; die dunklen Banden wurden schmäler und teilten sich in einigen Fällen in zwei oder mehrere Streifen. Ein eigentümliches dunkles Band zwischen $H\eta$ und $H\zeta$, das sich von der Wellenlänge 3845 bis 3856 erstreckte und Februar 24 so intensiv war als $H\zeta$, blasste schnell ab und wurde nach Februar 28 nicht wieder gesehen. Ein anderes dunkles Band nahe bei $H\delta$ zwischen den Wellenlängen 4056 und 4069 am 24. Februar zeigte eigentümliche Änderungen in Intensität, Breite und Wellenlänge. Die dunklen Wasserstoffbanden wurden doppelt und blassten ab, an Stelle der verwaschenen Streifen erschienen zwei schmale dunkle Linien. Der dunkle Streifen K wurde doppelt und nahm an Intensität ab. Am 17. März bestanden $H\zeta$, $H\varepsilon$, $H\delta$ und $H\gamma$ jede aus einer schmalen, scharfen schwarzen Linie

und bei sorgfältigster Betrachtung der Photographien sah man daneben noch eine äusserst feine Begleitlinie gegen die violette Seite hin. Hβ war deutlich doppelt, und die feine Begleitlinie wohl markiert. Das breite dunkle Band K war völlig verschwunden, an seiner Stelle zeigte sich eine schmale dunkle Linie, etwas intensiver als die umgekehrte Linie K. Am 19. März schien eine besondere Veränderung im Aussehen des Spektrums eingetreten zu sein. Keine dunkle Linie war sichtbar, mit Ausnahme der feinen Umkehrlinie auf dem hellen Streifen; das kontinuierliche Spektrum war fast unwahrnehmbar. Die Linie K fehlte. Die an diesem Tage gemachte Aufnahme geschah mit zwei Prismen und 120 Minuten Expositionsdauer. Eine eigentümliche Verbreiterung oder Verschiebung gegen Violett zeigte seit März 17 die helle Bande Hζ. März 19 dehnte sie sich bis halbwegs Hη aus; März 23 war das kontinuierliche Spektrum da, und feine dunkle Linien zeigten sich an der Seite der kürzern Wellenlängen von Hε, Hδ und Hγ. Drei andere dunkle Banden waren sichtbar und verschiedene helle Linien ausser den Wasserstofflinien. Die Position der Linie Hζ war normal. März 27 wurde ein starkes kontinuierliches Spektrum gesehen, aber die dunklen Komponenten der Wasserstoffbanden fehlten und wurden seitdem nicht wieder gesehen. Am Orte der Wellenlänge 3806 zeigte sich eine schmale, dunkle Linie, sowie eine schwächere bei 3860. Von 3806—3827 erschien ein verwaschenes dunkles Band und ein helles von 4453 bis 4489, beide schienen mit Heliumlinien zusammenzufallen. Die Position von Hζ war normal. März 30 war das Spektrum ähnlich dem vom 27. März, nur war die Linie 3865 intensiver, und die Linie 3860 fehlte. Das kontinuierliche Spektrum, welches sehr intensiv erschien, wurde bis ins Violett photographiert, aber keine Linie war bestimmt zu sehen, ausser einem verwaschenen, dunklen Bande von λ 3775—3794. Das helle Band 4908—4942 war sehr schwach, und das Band 4990 – 5040 heller als das Magnesiumband b. April 1 war das Spektrum nahe so wie am 30. März. Nach einer Periode wolkigen Wetters wurde April 12 ein eigentümliches Aussehen des Spektrums photographiert. Die Linie Hζ schien zu fehlen, nahe ihrem Platze zeigte sich ein helles Band so intensiv wie Hβ, dessen Mitte auf die Wellenlänge 3875 fiel. Dieses Band, sowie Hε und Hδ waren gegen die rote Seite des Spektrums hin scharf abgeschnitten, dagegen verschwommen gegen Violett hin. Es ist von Interesse, zu bemerken, dass im Spektrum von γ Velorum in der Wellenlänge 3875 ein dunkles, wohl markiertes Band erscheint. April 12 erschien im Spektrum der Nova eine eigentümliche helle Linie nahe bei Hγ, gegen die Seite der grössern Wellenlänge hin, in 4384, scharf gegen das rote Ende des Spektrums abgeschnitten, während der Raum zwischen ihr und Hγ ähnlich einem scharfen hellen Bande erschien. April 13 war die Position und Intensität von Hζ normal, und das Spektrum zeigte nicht den eigentümlichen

Typus vom vorhergehenden Tage. Dagegen erscheint letzterer wieder auf einer Photographie vom 26. April, auf der das Band 3875 das intensivste ist, Band 4990—5040 ebenfalls an Intensität gewonnen hat, Hδ und Hβ aber schwächer geworden sind. Hγ war intensiver als Hβ, das kontinuierliche Spektrum nicht wahrnehmbar: auch die Bande 4908—4942 und das Magnesiumband b fehlen. April 27 war das Spektrum wieder normal, das kontinuierliche ziemlich intensiv, und das Band 3875 fehlte; im allgemeinen erschien das Spektrum ähnlich wie am 26. April. Am 28. April und 1. und 3. Mai erschien wieder das eigentümliche Spektrum, ähnlich dem vom 26. April. Es ist von Interesse, die Änderungen im Aussehen des Spektrums mit der Helligkeit der Nova zu vergleichen, und Prof. Pickering giebt darüber folgende Zusammenstellung:

1901		Spektrum	Helligkeit	
März	17	normal	3.8	Grösse
	19	abweichend	5.0	"
	23	normal	3.6	"
	27	"	4.1	"
	30	"	4.2	"
April	1	"	4.1	"
	12	abweichend	4.6	"
	13	normal	4.6	"
	26	abweichend	5.8	"
	27	normal	4.2	"
	28	abweichend	5.4	"
Mai	1	"	5.8	"
	3	"	5.5	"

Am 12. und 13. April war die Helligkeit der Nova die gleiche, während das Spektrum verschieden erschien; am 26. und 28. April dagegen, als der Stern ausgesprochene Minima seiner Helligkeit zeigte, zeigte sich das eigentümliche Spektrum, während das normale am 27. April gefunden wurde, als der Stern eine halbe Grössenklasse heller war.

Eine am 19. Juni aufgenommene Photographie der Nova zeigt deren Spektrum völlig ähnlich demjenigen des Gasnebels NGK 3918, nur ist die Nebellinie 5007 etwa achtmal heller als die Linie Hβ in dem Nebel und nur gleich hell wie diese in dem Spektrum der Nova. Die Linien 3869, 3970 (Hε), 4102 (Hδ), 4341 (Hγ), 4688, 4862 (Hβ), 4989 und 5007 sind beiden Spektren gemeinsam und zeigen mit Ausnahme von 5007 in beiden die gleiche relative Intensität. Vier helle Linie zwischen Hγ und Hβ erscheinen schwach in der Nova und fehlen im Spektrum des Nebelfleckes, während eine Linie (λ 4364) in letzterer sichtbar ist, aber nicht im Spektrum der Nova, vielleicht wegen ihrer Nähe bei der Linie Hγ.

Ein Bericht von der Lickssternwarte[1]) meldete folgende Thatsachen: Nach den Bestimmungen der Meridiankreise vom 24. Februar bis 3. März ist die Position der Nova (1901.0):

$$\alpha = 3^h\ 24^m\ 28.086^s \quad \delta = +43^0\ 33'\ 54.03''$$

[1]) Lick Observatory Bulletin No. 8.

Im Februar und März wurden am 36 zolligen Refraktor sämtliche Sterne, die innerhalb eines Kreises von 3′ Radius um die Nova sichtbar waren, mit dieser durch Messung verbunden und dadurch eine Karte der Umgebung der Nova erhalten, die im Juli noch einige Zusätze erhielt.

Helligkeitsschätzungen der Nova wurden auf der Licksternwarte seit dem 24. Februar so oft angestellt, als die Witterung erlaubte. Es ergab sich, dass das Licht des neuen Sternes von Anfang an merkliche Intensitätsschwankungen zeigte, doch liess sich eine Periodizität derselben nicht feststellen. Die letzte Helligkeitsschätzung, welche R. G. Aitken von der Licksternwarte mitteilt, giebt für Juli 27 die Helligkeit der Nova = 6.75 Grösse. Beobachtungen von Joel Stebbins auf demselben Observatorium, welche vom 26. Juli bis zum 13. September reichen, zeigen, dass der Stern während dieser Zeit nicht weiter abgenommen hat und etwa 6.6 Grösse blieb.

Von grösster Wichtigkeit sind die spektroskopischen Beobachtungen der Nova, und diese wurden auf Mt. Hamilton mit verschiedenen, den jeweiligen Zwecken am besten angepassten, zum Teil eigens für die Beobachtung der Nova hergerichteten Apparaten ausgeführt. Als Vergleichslinien wurden diejenigen des Eisens, Magnesiums, Natriums, Wasserstoffs und Heliums benutzt und die Wellenlängenbestimmungen auf die Hartmann-Cornusche Formel basiert. Am 24. Februar wurde das Spektrum von Hδ bis Hβ mit dem Millsspektrographen aufgenommen. Die Wasserstoffbanden Hδ, Hγ und Hβ waren hell und ausserordentlich breit, sowie an der gegen Violett liegenden Seite von sehr breiten Absorptionsbanden begleitet. Sonst erschien das Spektrum durchaus kontinuierlich. Die Absorption in den dunklen Banden war nur eine teilweise. Die Banden schienen identisch zu sein mit denjenigen, welche das Spektrum der Nova Aurigae im Februar 1892 zeigte, aber in letzterm waren sie viel schmaler, und die Kontraste traten mehr hervor. Hα erschien sehr hell und an der brechbarern Seite von dem korrespondierenden dunklen Bande begleitet. Eine sehr helle Bande in Orange, wahrscheinlich Natriumstrahlen entsprechend, wurde von zwei dunklen Linien durchschnitten, die mit D_1 und D_2 identifiziert werden konnten. Von der Heliumlinie war nichts wahrzunehmen. Ausser den fünf wohlbekannten hellen Nova-Banden zwischen den Wellenlängen λ 4860 und λ 5270 konnten bei Beobachtung mit dem Auge keine weitern Details wahrgenommen werden infolge der Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums, welches die schwächern Streifen maskierte. Die am 25. Februar erhaltenen Spektrogramme erstrecken sich von λ 3830—λ 5700. Sehr auffallend sind hier die hellen und dunklen H- und K-Banden, deren helle Komponenten von den feinen dunklen H- und K-Linien durchkreuzt werden. Die Bande bei H ist augenscheinlich das Resultat der Übereinanderlagerung der Wasserstoffbande Hε und der Calcium-

bande H. Die gegen Violett liegenden Ränder der hellen Banden sind überall schärfer begrenzt, mit Ausnahme der K-Bande, wo das Umgekehrte der Fall ist. Die nächsten Photographien des Spektrums wurden mit demselben Apparate am 15. März erhalten, während in der Zwischenzeit das Spektrum sich beträchtlich geändert hatte. Noch deutlicher zeigte sich diese Änderung in den am 18. März erhaltenen Photographien. Die Spektrogramme vom 18. März ergaben, dass die K-Bande verschwunden war, vielleicht war das Gleiche auch der H-Bande beschieden, doch war dies nicht festzustellen wegen der Überlagerung derselben durch die $H\varepsilon$-Bande. Die feinen H- und K-Linien waren geblieben. Die Banden mit den Wellenlängen λ 4629 und λ 4675, welche auf den Spektrogrammen vom 5. April erscheinen, fehlen auf demjenigen vom 1. April, und die Banden vom 1. April bei λ 4583 und λ 4632—4660 sind nicht enthalten auf dem Spektrogramme vom 5. April.

Bezüglich der Bewegung der Nova in der Gesichtslinie wurden Messungen der Lage der feinen dunklen Calciumlinien H und K am 15. Februar, 13. und 18. März ausgeführt. Aus diesen Messungen, sowie denen der D_1- und D_2-Linien an verschiedenen Spektrographen, ergiebt sich im Mittel eine Geschwindigkeit der Nova von $+$ 5.4 *km* in der Sekunde, und diese blieb, wie alle spätern Beobachtungen ergaben, durchaus unverändert. Die ersten Beobachtungen, nachdem die Nova im Sommer wieder sichtbar geworden, wurden am 9. Juli erhalten. Wie Prof. Pickering angezeigt, erschien das Spektrum auch auf der Lickstemwarte genau wie das Spektrum eines Nebelfleckes. Die in den Nebelfleckspektren gewöhnlich sichtbaren Linien waren durch breite, helle Banden vertreten.

Während des Monates September hat Joel Stebbins verschiedene Spektrogramme der Nova Persei mit dem Crossleyreflektor aufgenommen, wobei der kleine früher von Keeler gebrauchte Spektrograph benutzt wurde, nachdem ein Prisma und eine Linse aus Quarz daran angebracht worden. Auf den erhaltenen Platten sieht man die neun Banden zwischen den Wellenlängen λ 3870 und λ 5010, welche Campbell und Wright auch beobachtet haben, ausserdem noch zwei helle Banden im Ultraviolett; deren näherungsweise Wellenlängen sind λ 3460 und 3390. Diejenige bei λ 3460 ist sehr hell und wird auf der Platte nur allein von der Bande λ 3870 übertroffen, sie fällt ihrer Position nach zusammen mit einer Linie, welche Palmer im vergangenen Sommer in den Spektren bekannter Nebelflecke entdeckt hat. Dies spricht sehr zu Gunsten der Annahme, dass das Spektrum der Nova dasjenige eines Nebels ist; ebenso ist wahrscheinlich, dass die Bande bei λ 3390 einer noch nicht aufgefundenen Linie in den Nebelspektren entspricht.

Über die Deutung der spektroskopischen Wahrnehmungen an der Nova Persei sind die Akten durchaus noch nicht geschlossen. Prof. Vogel

sprach sich diesbezüglich in seinem Berichte in der Preuss. Akademie der Wissenschaften [1]) wie folgt aus:

»Die Anwendung der Spektralanalyse hat auch hier manches Dunkel gelichtet, und die Entwickelung der Methoden, die auf dem Dopplerschen Prinzip beruhen, haben zu interessanten Resultaten geführt. Mit Hilfe der vervollkommneten Apparate der neuesten Zeit, namentlich aber seit Einführung der Spektrographie, erkannte man, dass in den Spektren neuer Sterne Paare von hellen und dunklen, stark verbreiterten Linien auftreten, die die Vermutung nahe legten, dass man es nicht mit einem Körper, sondern mit zwei Körpern zu thun habe, von denen der eine vorwiegend ein Emissionsspektrum, der andere ein Absorptionsspektrum besitze. Die aus dem Abstande der Mitten der sich berührenden hellen und dunklen Linien abgeleitete relative Bewegung führte aber zu recht unwahrscheinlich hohen Geschwindigkeiten beider Körper

Ich habe in meiner Abhandlung: »Über den neuen Stern im Fuhrmann,« [2]) ausführlich die von mir und von andern angestellten Beobachtungen und die Folgerungen aus denselben nach dem damaligen Standpunkte der Wissenschaft mitgeteilt, auch die wichtigsten Hypothesen besprochen.

Inzwischen sind nun unsere Kenntnisse über die Spektra verschiedener Elemente wesentlich erweitert worden, und wir haben durch die Untersuchungen von Humphreys und Mohler, von Eder und Valenta und von Wilsing erfahren, dass nicht alle Linienverschiebungen als Folgen des Dopplerschen Prinzips anzusehen sind. Ich habe der Königlichen Akademie am 4. Mai 1899 eine Abhandlung des Prof. Wilsing in Potsdam: »Über die Deutung des typischen Spektrums der neuen Sterne,« [3]) vorlegen können, welche eine sehr ungezwungene, auf eigenen Experimenten basierende Erklärung der Doppelspektra neuer Sterne und damit zugleich von den physikalischen Vorgängen in der Atmosphäre einer Nova giebt.

Von der Nova Persei, die zuerst am 23. Februar 1901 in Potsdam spektrographisch beobachtet werden konnte und zur Zeit der Beobachtung der hellste Stern am nördlichen Himmel war, konnte mit Recht eine weitere Bestätigung für die Zulässigkeit der erwähnten Hypothese erwartet werden, und die Enttäuschung war nicht gering, als die photographischen Aufnahmen des in einfachen Okularspektroskopen hellleuchtenden Sternspektrums auf den ersten Blick so gut wie gar kein Detail erkennen liessen.

Von mir und Dr. Hartmann an den erhaltenen Spektrogrammen ausgeführte Messungen ergaben das Vorhandensein der Wasserstoff-

---

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. Berlin 1901. 16. 21. März.

[2]) Abh. d. Kgl. preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1893.

[3]) Näheres über Wilsings Untersuchungen findet sich im Sirius 1900, p. 209. 230.

linien, von denen Dr. Hartmann auf den von ihm am 80 *cm*-Refraktor angefertigten Aufnahmen von geringer Dispersion die neun Linien des Wasserstoffs von Hβ bis H$\varkappa$ erkennen und messen konnte, während auf den von mir untersuchten und von Dr. Ludendorff am 32 *cm*-Refraktor bei starker Zerstreuung aufgenommenen Platten — auf denen nur ein kleinerer Teil des Spektrums (λ 4040 — λ 4520) zur Abbildung gelangt — bloss die beiden Linien Hγ und Hδ zu sehen waren. Die Wasserstofflinien erschienen als breite, ganz matte, verwaschene und nur sehr schwer aufzufassende Absorptionsbänder, die nach der weniger brechbaren Seite etwas stärkere Verwaschenheit zeigten. Ausserdem waren noch matte Absorptionsbänder andern Ursprunges zu sehen, jedoch fehlte jede Andeutung von Emissionslinien oder Emissionsbändern. Sehr auffällig aber waren zwei ganz scharfe, schmale Absorptionslinien auf den Hartmannschen Aufnahmen, die mit den Calciumlinien λ 3934 und λ 3969 identifiziert wurden, Diese Linien im Sternspektrum zeigen eine geringe Verschiebung nach Rot, die nach den vorläufigen Messungen einer Bewegung des Sternes in der Sekunde von etwa + 45 *km* relativ zu Erde oder etwa + 18 *km* relativ zu Sonne entsprechen würde. Ich möchte gleich hier bemerken, dass auf spätern Aufnahmen die Lage der Linien unverändert geblieben ist, und die angegebene Geschwindigkeit wohl als die dem Sterne zugehörige angesehen werden kann. Auf den von mir ausgemessenen Platten vom 23. Februar befanden sich keine scharfen Linien, wohl aber ein etwas besser aufzufassender verwaschener Absorptionsstreifen, für dessen Wellenlänge ich 4473 ableiten konnte. Identifiziere ich den Streifen mit der Linie λ 4471.6 des Cleveïtgases, so resultiert ebenfalls eine Bewegung des Sternes von + 10 *km* bis + 20 *km* relativ zu Sonne. Anders verhielt es sich nun mit den Wasserstoffbändern. Unsere Messungen stimmten unter sich und miteinander gut überein und ergaben eine sehr grosse Verschiebung nach der Seite kürzerer Wellenlängen, aus der eine Bewegung des Wasserstoffgases von rund — 700 *km* in der Sekunde relativ zu Sonne geschlossen werden könnte.

Alles, was wir am 23. Februar beobachten konnten: die auffallend scharfen Calciumlinien, das Fehlen der Emissionslinien, die starke Verschiebung der Absorptionslinien nach der brechbarern Seite des Spektrums, widersprach dem, was man nach der vorerwähnten Theorie zu erwarten hatte.

Aufnahmen des Spektrums, die von Hartmann, Eberhard und Ludendorff an den beiden genannten Instrumenten am 26. und 27. Februar und am 2., 3. und 4. März ausgeführt wurden, zeigen nun eine erhebliche Veränderung des Spektrums insofern, als die Absorptionslinien viel deutlicher geworden und von intensiven, sehr breiten Emissionsbändern, die schon in kleinen Okularspektroskopen als helle Linien leicht gesehen werden konnten, begleitet sind. Die

Emissionslinien sind sehr breit, nach der weniger brechbaren Seite allmählicher verwaschen, ihre Intensitätsmaxima sind wenig, die Mitten der Linien aber sehr stark nach Rot verschoben; die Absorptionslinien sind jedoch noch erheblich weiter als auf den Spektrogrammen vom 23. Februar nach der entgegengesetzten Seite gerückt. Das Spektrum ist mit einem Worte zum typischen Spektrum der neuen Sterne geworden und zeigt im grossen Masstabe die Veränderungen, die nach Wilsings Beobachtungen bei Metallspektren und beim Wasserstoff[1]) unter höherem Druck auftreten. Nur die beiden erwähnten Ca-Linien sind unverändert scharf geblieben.

Der Versuch, eine Erklärung des Verhaltens der beiden Calciumlinien *H* und *K* zu geben, hat mich auch darauf gebracht, die am 23. Februar beobachteten starken Verschiebungen der Wasserstofflinien nach der Wilsingschen Hypothese zu deuten.

Das rapide Anwachsen der Helligkeit des neuen Sternes (nach Pickering am 19. Februar sicher nicht 11 *m*, am 23. Februar 10^h nach den Potsdamer Beobachtungen 0,24 *m*), lässt enorme Störungen in der Atmosphäre des Sternes und damit in Verbindung stehende erhebliche Drucksteigerungen voraussetzen, bei denen die sich sehr leicht verbreiternden Caciumlinien kaum als schmale, ganz scharf geschnittene Absorptionslinien denkbar sind; ihre ausserordentliche Schärfe dürfte daher wohl nur als Umkehrungserscheinung gedeutet werden können. Macht man aber diese Voraussetzung, so folgt weiter, dass eine schmale Absorptionslinie als Umkehrung nur in einer breitern Emissionslinie entstehen kann, und ich nehme an, dass Schichtungen in der Sternatmosphäre, wie sie die Wilsingsche Theorie voraussetzt, stattgefunden haben, von denen die eine von den betreffenden Linien breite Absorptionslinien, die andere breite Emissionsbänder mit Umkehrungserscheinungen für sich gegeben hätte. Heben sich nun bei der Übereinanderlagerung der Schichten Absorption und Emission nahezu auf, so bleibt nur die scharfe Absorptionslinie der Umkehrung übrig.

Die Erklärung, weshalb am 23. Februar nur Absorptionslinien des Wasserstoffs, stark nach der Seite der kürzern Wellenlängen verschoben, erschienen sind, macht bei ähnlichen Betrachtungen keine Schwierigkeiten. Lagern wieder mehrere Schichten verschiedenen Druckes übereinander, so kann es leicht kommen, dass die bei höherem Drucke nach Rot zu verschobene Emissionslinie so schwach ist, dass sie die Absorptionslinie nicht über das Niveau des kontinuierlichen Spektrums aufhellt. Die grosse Verschiebung des Intensitätsmaximums nach der brechbarern Seite ist demnach nur eine scheinbare; in Wirklichkeit braucht die Mitte des Absorptionsbandes nur wenig nach Rot verschoben gewesen zu sein.

---

[1]) Sitzungsberichte der K. preuss. Akad der Wiss. zu Berlin; Gesamtsitzung vom 27. Juli 1899.

Ich möchte nicht unerwähnt lassen, dass die letztern Betrachtungen nur weitere Ausführungen, unter Bezugnahme auf die an der Nova Persei beobachteten Erscheinungen, dessen sind, was Wilsing in seiner Abhandlung über das typische Spektrum der neuen Sterne gesagt hat.

Nach dem Vorstehenden glaube ich nun aussprechen zu können, dass die Beobachtungen am Spektrum der Nova Persei bisher nur eine Bestätigung der Wilsingschen Ansicht gegeben haben, und dass keine Veranlassung vorliegt, die grosse Verschiebung der Absorptionslinien des Wasserstoffs nach dem Dopplerschen Prinzip als Bewegungen, sei es auch nur des Wasserstoffgases, anzusehen.

Spielten schon in der Nova Aurigae die Linien des Wasserstoffs in Bezug auf Ausbreitung und Verschiebung eine grosse Rolle, so scheint nach den bisherigen Beobachtungen das bei der Nova Persei in noch höherem Masse der Fall gewesen zu sein. Es sind im Spektrum nur wenige Bänder und keine so beträchtliche Zahl von Linien und Linienpaaren wie in der Nova Aurigae wahrzunehmen, besonders sind Blau und Violett ganz arm an Spektrallinien anderer Elemente.

Das ausserordentlich schnelle Anwachsen der Helligkeit des Sternes und die nun wieder sehr rasche Abnahme der Intensität der brechbarern Teile des Spektrums lässt die Vermutung aufkommen, dass es hauptsächlich der Wasserstoff gewesen ist, der das helle kontinuierliche Spektrum in diesen Teilen gegeben hat, was unter gewissen Druck- und Temperaturverhältnissen bekanntermassen leicht eintreten kann. Andernfalls würde die Erklärung der schnellen Abnahme der Lichtstärke Schwierigkeiten verursachen. Der weitere Verlauf der Erscheinung muss jedoch erst abgewartet werden, ehe man hierüber zu sichern Vorstellungen gelangt; vielleicht führt derselbe auch dazu, aus den vielen Hypothesen über die neuen Sterne einige definitiv auszuscheiden.«

Ferner bemerkt Prof. Vogel in No. 3701 der Astron. Nachr. u. a.: »Es ist beachtenswert, dass mit der Erweiterung unserer Kenntnisse über den Einfluss des Druckes auf die Spektra die ältern Hypothesen über die neuen Sterne, bei denen Ursache und Wirkung in die Sterne selbst verlegt waren, wieder zur Geltung gelangen. Sie konnten sich noch halten, als man in den Spektren neuer Sterne helle und dunkle Linien fand, die aber in keinem innigen Zusammenhange standen; als man aber durch die Beobachtungen der Nova Aurigae erkannte, dass helle und dunkle Linien eines und desselben Stoffes paarweise neben einander gelagert auftraten, musste den Hypothesen, welche die Erscheinung auf das Zusammentreffen zweier oder mehrerer Körper zurückführten, grössere Berechtigung eingeräumt werden. Das ist aber jetzt nicht mehr nötig, wenn in erster Linie die Eigentümlichkeiten der Spektra sich durch erhöhten Druck erklären lassen, und es hat ohne Zweifel viel für sich, wenn man

Ursache und Wirkung in dem Sterne selbst suchen kann. In dieser Beziehung hat die von Lohse[1]) aufgestellte Hypothese grosse Vorzüge. Da dieselbe bisher sehr wenig Beachtung gefunden zu haben scheint, lasse ich den Schlussatz der Lohseschen Betrachtungen hier folgen:

Durch die fortschreitende Abkühlung der aus glühenden Dämpfen und Gasen bestehenden Masse eines selbstleuchtenden Weltkörpers (Fixsternes) wird schliesslich eine atmosphärische Hülle erzeugt, die das Licht in so starkem Grade absorbiert, dass der Stern von der Erde aus nicht mehr oder doch nur schwach gesehen werden kann. Wenn dann durch weitere Wärmeausstrahlung der Grad der Abkühlung erreicht wird, welcher für Bildung derjenigen chemischen Verbindungen erforderlich ist, die einen wesentlichen Teil des Ganzen bilden, so wird bei Vereinigung der betreffenden Elementarstoffe[2]) eine bedeutende Wärme- und Lichtentwickelung stattfinden, welche den Stern plötzlich auf grosse Entfernungen hin für längere oder für kürzere Zeit wieder sichtbar macht.

Photographische Aufnahmen der Nova. Am 19. und in der Nacht des 20. zum 21. August haben Flammarion und Antoniadi auf der Sternwarte zu Juvisy photographische Aufnahmen der Nova gemacht[3]) und gefunden, dass dieselbe mit einer kreisförmigen Nebelhülle von 6′ Durchmesser umgeben erschien. Auf die Nachricht dieser merkwürdigen Thatsache wurde die Nova auch an andern Observatorien photographisch aufgenommen. Zunächst meldete Prof. Wolf folgendes:[4])

Auf die telegraphische Nachricht, dass es Flammarion und Antoniadi gelungen sei, durch photographische Aufnahmen zu zeigen, die Nova Persei sei von einer Nebelaureole umgeben, habe ich 1901 August 22, mit 1 Stunde und 10 Minuten Belichtung — mit den zwei 16-Zöllern des Bruceteleskops die Novagegend aufgenommen.

Die Rückseiten der Platten waren selbstverständlich gut geschwärzt und so die Glasreflexion (Ringbildung) selbst bei den hellsten Sternen der Platte völlig vermieden. Die Platten sind bei strahlend klarem Himmel vorzüglich ausgefallen und ergaben ein sehr merkwürdiges Resultat.

Die Nova ist auf der Platte a_1, die mit dem 16-Zöller a aufgenommen ist, wohl genau wie jeder andere Stern, ohne erkennbare Spur von Nebelhülle, abgebildet. Auf der Platte b_1, die mit dem 16-Zöller b aufgenommen ist, steht die Nova dagegen in einer

---

[1]) Monatsberichte der Kgl. preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1877 20. Dez. p. 833.

[2]) Lohse denkt in erster Linie an Verbindungen von Wasserstoff und Sauerstoff.

[3]) Astron. Nachr. No. 3736.

[4]) a. a. O. No. 3736.

matten, kreisförmigen, recht homogen und relativ scharf umgrenzten Scheibe von etwa 3.8 *mm* Durchmesser, das sind etwas über 6 Bogenminuten. Dieses Scheibchen ist von ganz eigenartigem Aussehen. Es sieht einem feinen Nebelflecke nicht unähnlich, fällt aber durch die scharfe Umrandung auf. Noch merkwürdiger ist, dass kein zweiter Stern, sei er heller oder schwächer, von den vielen Sternen der Platte etwas Ähnliches zeigt. Dieser »Nebel« musste also, wie Antoniadi und Flammarion ganz richtig erkannt haben, der Nova eigentümlich sein.

Aber auf der mindestens ebenso guten Platte a_1 ist nichts um die Nova zu sehen. Die völlig geschwärzte, kreisrunde, haarscharfe Scheibe steht völlig klar auf dem Himmelsgrunde. Ausserdem war auffallend, dass an der Umrandung des »Nebels« auf b_1 ganz gut erkennbar die Spur von sechs Ecken eines gleichseitigen Sechsecks angedeutet ist. Ohne viel Worte zu verlieren — es war mir aus frühern Versuchen deshalb wahrscheinlich, dass der »Nebel« auf b_1 rein optischen Ursprunges, d. h. durch das Objektiv bewirkt sein musste.

Um das zu entscheiden, exponierte ich in der folgenden, ebenfalls wunderbar klaren Nacht — 1901 Aug. 23 — wieder mit beiden Objektiven auf die Nova, und zwar mit 4 Stunden 6 Minuten Belichtungsdauer. Dabei bedeckte ich das Objektiv b zur Hälfte durch einen Schirm, so dass nur ein Halbkreis des Objektivs Licht empfing.

Der Erfolg entsprach der Erwartung. Auf der mit dem abgeblendeten Objektiv b aufgenommenen Platte b_2 ist die hübsche matte Scheibe um die Nova wieder sichtbar, aber sie ist jetzt ein genauer Halbkreis entsprechend der Blende. Der Durchmesser der Nebelscheibe ist wieder 3.8 *mm*. Da die Lichtmenge, die die Platte b_2 erhielt, doppelt so gross war, als am ersten Abende (b_1), so ist auch die jetzt halbkreisförmige, fast homogene, gut begrenzte »Nebelhülle« viel intensiver als auf der Platte b_1 vom ersten Abende. Hierdurch ist bewiesen, dass diese Aureole um die Nova durch das Objektiv b zustande kam. Gleichzeitig, da kein anderer Stern, die viel hellern nicht ausgenommen, diese Aureole besitzt, ist gezeigt, dass die Nova eine Lichtart besonders intensiv aussenden muss, eine Lichtart, für die das Objektiv nicht korrigiert ist, und für die der Zerstreuungskreis einen Durchmesser von etwa 6′ besitzt.

Auf der Platte a_2 des Objektivs a vom zweiten Abende, die viermal soviel Licht empfangen hat, als die vom ersten Abende — sie enthält wohl mindestens Sterne der 19. Grössenklasse — ist jetzt auch der homogene, matte Kreis um die Nova angedeutet und besitzt etwa 3.6 *mm* oder etwa 6′ Durchmesser. Er ist aber immer noch viel schwächer als auf der Platte b_2.

Besichtigt man auf den beiden Platten a_2 und b_2 vom zweiten Abende die Umgegend der Nova genauer, so findet man, selbstredend am besten auf a_2, dass zum mindesten südlich und etwas östlich in der Nähe der Nova eine deutlich erkennbare, aber äusserst schwache

und trotzdem strukturreiche Nebelmaterie abgebildet ist. Da sie auf beiden Platten a_2 und b_2, und bei letzterer unter der bedeckten Seite, angedeutet ist, so muss sie reell am Himmel vorhanden sein.

Diese äusserst feinen, gestreckten Nebelzüge, welche noch eben nachweisbar sind, erscheinen am dichtesten etwa 5′ südlich von der Nova und scheinen sich allerdings bis in sie selbst hineinzuziehen.«

S. Kostinsky von der Sternwarte Pulkowo schrieb folgendes:[1]

»Ich erhielt an demselben Abende eine photographische Aufnahme der Nova Persei mit Hilfe unseres Astrographen bei einer Expositionszeit von ungefähr zwei Stunden. Auf dieser Photographie ist die Nebelhülle in Gestalt eines scharf begrenzten Kreises sehr deutlich zu sehen. Da nach den Meinungen einiger Astronomen die Nova Persei sich allmählich in einen Nebel verwandelt, so ergiebt sich die Frage: Haben wir es mit einer wirklichen Erscheinung am Himmel zu thun oder nur mit einer optischen, welche von Umständen bei der Beobachtung selbst abhängt? Der Charakter des Sternspektrums in Verbindung mit seinen in letzter Zeit recht beträchtlichen Veränderungen, sowie auch das Aussehen der Aureole selbst bewogen Herrn Belopolsky und mich, die Erklärung dieser Erscheinung nur in einer ungenügenden Fokussierung des photographischen Objektivs in Bezug auf die im Spektrum vorherrschenden Strahlen zu suchen. Thatsächlich erscheint das Spektrum des Sternes jetzt beinahe ausschliesslich als folgende Gruppen von Banden im grünen Teile des Spektrums:

1901 August 2	$\lambda = 501.0\ \mu\mu$	ausserordentlich hell	(10)
	496.0	schwach	(2—3)
	486.1	heller als die vorhergehende (Wasserstoff F)	(5)
	470.8	helles, sehr breites Band	(6)

Die in Klammern stehenden Zahlen bezeichnen die bezüglichen Helligkeiten der Banden. Das kontinuierliche Spektrum ist sehr schwach.

Da die photographischen Objektive genähert für die Linie Hγ (434 $\mu\mu$) fokussiert werden, so ist ersichtlich, dass ein bedeutender Teil des Lichtes der Nova Persei auf die photographische Platte schon in zerstreuter Form gelangt und bei hinreichend langer Expositionszeit eine Aureole um den Stern hervorrufen muss, welche der beobachteten vollkommen ähnlich ist.

Um die oben gegebene Erklärung zu prüfen, machte ich zwei Aufnahmen von der Nova Persei, indem ich vor das Objektiv Diaphragmen in Form eines Dreieckes und eines Quadrates stellte; wie auch zu erwarten war, erhielt ich eine entsprechende Veränderung der Form der Aureole auf dem Negativ, was bei einer Realität der Erscheinung nicht möglich gewesen wäre. Eine dritte Aufnahme, welche annähernd mit einer für den grünen Teil des Spektrums fokussierten Platte gemacht wurde, zeigt keine Spur der Aureole.

Schliesslich möchte ich noch daran erinnern, dass eine ähnliche Erscheinung einer optischen Aureole, wenn auch in bedeutend geringerem Grade, im Jahre 1892 von E. Barnard bei der Nova Aurigae beobachtet wurde. Herr Geheimrat H. C. Vogel hat in seinem Aufsatze: »Über den neuen Stern im Fuhrmann,« 1893 eine vollkommen analoge Erklärung dieser Erscheinung gegeben, welche durch vorliegenden Fall völlig bestätigt wird.«

Auf der Yerkessternwarte hat G. M. Ritchey mit dem dortigen grossen Spiegelteleskop in der Nacht des 20. Sept. 1901 die Nova im Perseus und ihre Umgebung photographisch aufgenommen. Das Spiegelteleskop hat 22 Zoll Öffnung und 93 Zoll Brennweite, so dass es ausserordentlich lichtstark ist. Die Nacht des 20. September war gut,

[1]) a. a. O. No. 3737.

Fig. 1.



Photographische Aufnahme mit dem 2füssigen Reflektor.

Fig. 2.

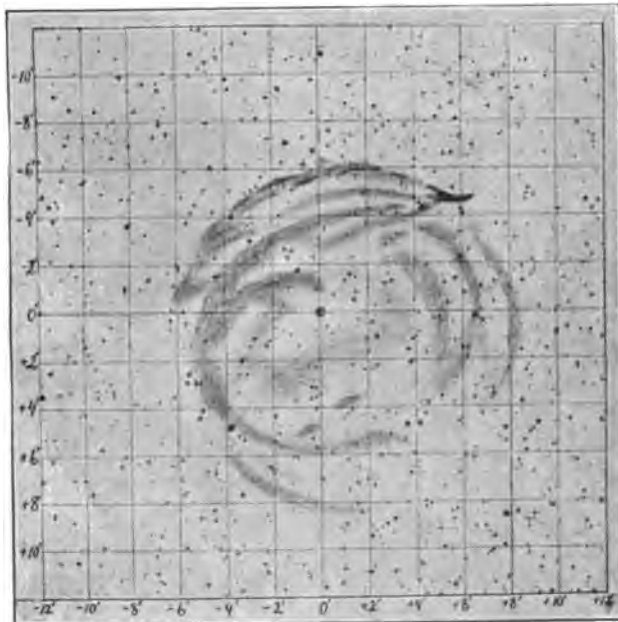


Diagramm der Original-Negative von G. W. Ritschey.

Ed. Hch. Mayer, Verlag.
Leipzig.

Jahrbuch XII, 1901
Tafel II.

Die Nova Persei 1901.

wenngleich die Luft nicht gerade aussergewöhnlich durchsichtig erschien. Die benutzte Cramersche Platte war wohl zweimal so lichtempfindlich, als die gewöhnliche Sorte dieser photographischen Platten. Unter diesen günstigen Verhältnissen wurde nach einer fast vierstündigen Exponierung ein überaus schönes Negativ erhalten. Die Photographie, welche am Reflektor erhalten worden, ist frei von der falschen Nebelhülle oder Penumbra, die bei Anwendung von Refraktoren erhalten wurde; demgemäss zeigt sich in der nächsten Umgebung der Nova kaum oder gar keine Spur des falschen Lichthofes. Der Durchmesser der Nova beträgt 20″, aber in grösserer Entfernung erscheint dieselbe auf dem Negativ von einem sehr komplizierten Nebel umhüllt. Es lässt sich bezüglich des letztern nicht entscheiden, ob er spiralförmig ist oder aus mehrern konzentrischen Ringstücken besteht, jedenfalls sind solche vorhanden. Während also die von Antoniadi und Flammarion photographierte Nebelhülle um die Nova Persei nur eine optische Täuschung war, ist jetzt mit Sicherheit erwiesen, dass der neue Stern in grösserer Entfernung von einem komplizierten Nebelgebilde umgeben wird. Die ersten Spuren dieser Nebelhülle hat Prof. Wolf in Heidelberg photographisch erhalten, und dessen Entdeckung ist also jetzt durch Ritchey bestätigt und erweitert. Für die Deutung des bei Aufleuchten der Nova stattgefundenen kosmischen Vorganges ist dieser Nachweis des Nebels von grosser Wichtigkeit.

Photographische Aufnahmen der Nova im Perseus durch Perrine am Crossleyreflektor der Lickssternwarte haben schliesslich ergeben, dass vier Hauptkondensationen des feinen Nebels, welcher die Nova umgiebt, eine südöstliche Eigenbewegung von einer Bogenminute in sechs Wochen zeigten. Dieses Ergebnis ist das merkwürdigste, welches bis jetzt an der Nova gefunden wurde, und ausserdem ergiebt es die bei weitem stärkste Eigenbewegung, die jemals in Fixsternräumen wahrgenommen wurde, ja ausser jeder Vermutung stand.

Diese überraschend grossen Bewegungen, welche die Nebelmassen um die Nova zeigen, bieten für die Erklärung erhebliche Schwierigkeiten. Wenn man die Entfernung des neuen Sternes auf Grund seiner Lage in der Milchstrasse schätzt, so kommt man auf mehr als hundert Billionen Meilen, und unter dieser Annahme würden die Nebelmassen Geschwindigkeiten besitzen, welche mit derjenigen des Lichtes vergleichbar sind. Selbst wenn man die Entfernung des Sternes um das Zehnfache geringer annimmt, muss die Geschwindigkeit der Nebelmassen alle uns bekannten kosmischen Geschwindigkeiten um das Hundertfache oder noch mehr übertreffen. Aber auch wenn man annehmen wollte, der Nebel stehe nur zufällig nahe in der gleichen Richtung wie der neue Stern, sei uns aber bedeutend näher als dieser, würden die Schwierigkeiten nicht wesentlich vermindert sein. Prof. Kapteyn in Groningen macht nun darauf aufmerksam, dass folgende Annahme die Wahrnehmungen verständ-

licher machen könne: Der Nebel, welcher den Stern umgiebt, hat kein oder nur ein äusserst schwaches eigenes Licht, und das, was die Wirkung auf der photographischen Platte hervorbringt, ist das von den Nebelpartien reflektierte Licht des neuen Sternes selbst. Die Sache stellt sich dann, populär dargestellt, wie folgt: Das von dem Sterne zu einer gegebenen Zeit unmittelbar gegen die Erde hin ausgehende Licht erreicht uns am frühesten; die Erleuchtung irgend eines seitlich von dem Sterne liegenden Nebelteilchens sehen wir dagegen später, weil der Weg, den der Lichtstrahl vom Sterne zu diesem Nebelteile und von hier zur Erde nimmt, länger ist als die gerade Linie vom Sterne zur Erde. Wenn nun der neue Stern bis in ungeheure Entfernungen von Nebelschichten umgeben wird, so müssen von dem Augenblicke des Aufleuchtens dieses Sternes ab die zunehmend entfernten Nebelschichten immer später sichtbar werden, gleichsam als wenn der Nebel sich ausdehnte, und zwar mit einer Geschwindigkeit gleich derjenigen des Lichtes. In Wirklichkeit ist es der Lichtstrahl, der die entferntern Nebelpartien immer später erreicht und dabei vielfach auch einen zunehmend längern Weg zur Erde hin zurücklegen muss. Ist diese Voraussetzung richtig, so lässt sich aus den bisherigen Aufnahmen schliessen, dass die wahre Entfernung des neuen Sternes von der Erde nicht weniger als 360 — 400 Billionen Meilen beträgt. Die Hauptfrage bei dieser Schlussfolgerung ist, wie auch Prof. Kapteyn hervorhebt, die, ob man annehmen kann, dass unter den hier vorliegenden Umständen das reflektierte Licht stark genug ist, um noch eine merkliche Wirkung auf die photographischen Platten hervorzubringen. Diese Frage ist zur Zeit noch offen, aber man darf sie wohl bejahen, wenn man erwägt, dass die Nova in ihrem hohen Glühzustande vorwiegend die nach dem violetten Ende des Spektrums liegenden Strahlen aussendet, d. h. solche, welche in vorwiegender Weise auf die photographischen Platten wirken.

Der Nebel um die Nova ist auch in Stockholm mit dem sechszolligen photographischen Refraktor des dortigen Observatoriums dargestellt worden,[1]) und zwar 1891 November 12 und Dezember 16 mit sechsstündiger Exponierung am ersten Abende. Die Nova erscheint auf der Platte, obgleich 8. Gr., sehr stark und von kurzen Strahlen umgeben. Der Nebel ist schwach, fächerförmig vom Sterne nach Süden hin sich ausdehnend und in Bezug auf diesen entschieden einseitig gelegen. Auf der Abbildung sieht er aus wie eine Dampfwolke die aus dem Sterne aufsteigt und oben seitwärts abgelenkt wird. Die von Ritchey und Perrine bemerkten äussern Nebelzüge sind nur in zwei Nebelknoten und sehr schwach dargestellt. Am 16. Dezember erhielt K. Bohlin nach achtstündiger Belichtung ausgeprägtere Details. Der fächerförmige Teil dicht an der Nova hatte

[1]) Astron. Nachr. No. 3759.

sich nicht geändert, dagegen erschien die Lage einer der Nebelknoten verändert. Bohlin glaubt, dass man doch an eine merkliche und sehr bedeutende Bewegung der Nebelmaterie denken könne und sagt: »Es würden dann diese Nebelteile die bei der ersten gewaltigsten Explosion ausgeschleuderten Massen sein, die eben, um die enorme Geschwindigkeit zu erhalten, als äusserst wenig ponderabel angenommen werden müssen, und in dem am Sterne nächstliegenden Nebel würde man etwa die Auswürfe von schwerern Gasmassen sehen, die bei einem verhältnismässig weniger gewaltigen Stadium des Explosionsprozesses vom Sterne abgesondert wurden.«

Prof. H. Seeliger schliesst sich[1]) bezüglich der enormen Geschwindigkeit der Nebelteile der Erklärung von Prof. Kapteyn an und sagt: »Man hat früher die Möglichkeit, solche Gebilde unter den Fixsternen bemerken zu können, die, an sich dunkel, von nicht in grösster Nähe stehenden Fixsternen beleuchtet werden, wohl kaum in Erwägung gezogen. Ich glaube behaupten zu können, diese Möglichkeit zuerst besprochen und durch Zahlenbeispiele illustriert zu haben. In einer am 6. Juli 1901 der Münchener Akademie vorgelegten Abhandlung,[2]) zu welcher mich die Erscheinung des neuen Sternes im Perseus veranlasste, habe ich die hier in Frage kommenden Verhältnisse erörtert. Wenn ich dort nur von kosmischen Staubmassen sprach, so geschah dies zur einwandsfreien Formulierung der rechnerischen Grundlagen, denn die Zulässigkeit der Ausdehnung der Resultate auf andere Aggregatszustände ist selbstverständlich, wenn nur die nötigen Einschränkungen gemacht werden. A. a. O. komme ich zu dem Resultate, dass dünn verstreute Materie in einer Entfernung von mehrern Sekunden von einem schwächern Fixsterne als schwach leuchtender Nebel erscheinen kann. Die Flächenhelligkeit eines solchen Nebels, »welcher eine Parallaxe von 0.01″ besitzt und von einem Sterne von der Grösse 10.4 beleuchtet wird, der sich im Abstande von 10″ befindet«, kann unter gewissen Umständen vom Range eines Zehnmillionstel der mittlern Flächenhelligkeit des Vollmondes sein. Es lag nun sehr nahe, dieses Resultat auf die Umgebung der Nova Persei anzuwenden. Es mag an einer Parallaxe von 0.01″ festgehalten werden, eine Annahme, die übrigens auch die Herren Wolf und Kapteyn für plausibel erklären. Die Nova erreichte nun eine Helligkeit, die wenigstens 12000 mal so gross war, als die eines Sternes von der Grösse 10.4, aber nur einige Tage anhielt, um dann um mehrere Grössenklassen abzufallen, und die also in der That als eine Art Lichtexplosion, die mit Lichtgeschwindigkeit sich fortpflanzt, angesehen werden darf. Man kommt danach noch in einer Entfernung von rund 1100″ von der

[1]) Astron. Nachr. No. 3759.
[2]) Über kosmische Staubmassen und das Zodiakallicht. Sitzungsberichte der Münchener Akademie, 31. p. 265—292.

Nova auf Flächenhelligkeiten von der angegebenen Grösse, die ich als eventuell bemerkbar ansah. Die speziellen Verhältnisse jedes besondern Falles ändern selbstverständlich die Zahlenverhältnisse, weil diese von der Absorption, Reflexionsfähigkeit und Dichtigkeit der Materie abhängen.

Mit der Konstatierung von nebligen Objekten in der Umgebung der Nova dürften die Voraussetzungen meiner Erklärung der Erscheinung der Nova Aurigae und der Nova Persei — dass beide Erscheinungen auf dieselbe Ursache zurückzuführen seien, ist bisher von niemand bezweifelt worden — in ganz unerwartet auffälliger Weise bestätigt sein. Bisher ist keine Erscheinung bei beiden Sternen bekannt geworden, welche diesem Erklärungsversuche ernstliche Schwierigkeiten bereitet; denn, wo solche geltend gemacht worden sind, sind dieselben nur aufgetreten, weil unsere Kenntnisse über den Zusammenhang der spektralen Erscheinungen mit den sie hervorrufenden Ursachen äusserst lückenhaft sind. Gerade die neuesten Forschungen auf diesem Gebiete scheinen zu zeigen, dass eine eindeutige Zuordnung der spektralen Erscheinungen und der das Leuchten hervorbringenden oder begleitenden Umstände, wenn nicht unmöglich, so doch wenigstens kaum ausführbar ist. Wohl aber hat namentlich die Nova Persei gezeigt, dass andere Erklärungsversuche den beobachteten Erscheinungen in ihrer Totalität nicht gerecht werden können.«

Sternhaufen und Nebelflecke.

Anormale Sterne im Sternhaufen Messier 13. Bei seinen mikrometrischen Messungen der Sterne in verschiedenen grössern kugelförmigen Sternhaufen hat Prof. E. E. Barnard bei einigen Sternen besondere Eigentümlichkeiten bemerkt.[1] Die auffallendste ist die, dass gewisse Sterne in viel blauerem Lichte glänzen als die übrigen. Die Folge hiervon ist, dass diese Sterne auf den photographisch gewonnenen Darstellungen dieser Sternhaufen in anderer Helligkeit sich darstellen als bei Betrachtung mit dem Auge am Fernrohre. Vergleicht man Photographien von Sternen am Fernrohre, so wird man bisweilen betroffen von der relativen Kleinheit einzelner Sterne auf diesen Photographien, während sie dem Auge hell erscheinen. Diese Eigentümlichkeit beruht auf der grössern oder geringern Färbung der betreffenden Sterne, welche ein klares photographisches Bild bedingt. In den Sternhaufen begegnet man gerade dem umgekehrten Falle, d. h. gewisse Sterne erscheinen viel grösser auf den Photographien als mit dem Auge unmittelbar gesehen. In einigen Fällen tritt dies so sehr hervor, dass man zuerst auf den Gedanken der Veränderlichkeit dieser Sterne kommt.

[1]) Astrophysical Journal 12. No. 3. p. 176.

Schon die ersten Beobachtungen von Sternhaufen am Yerkes-Refraktor zeigten diese Eigentümlichkeit. Eine besondere Untersuchung nach dieser Richtung hat Prof. Barnard an den Sternen des grossen Haufens im Herkules (M 13) angestellt. Zur Vergleichung wurde ein vierfach vergrössertes Negativ benutzt, welches Prof. Scheiner am 13-zolligen photographischen Refraktor zu Potsdam 1891 erhalten hatte.

Auf dieser Photographie ist es hauptsächlich der mit No. 148 bezeichnete Stern, der als hellster des ganzen Haufens in die Augen springt, und ähnlich zeigt er sich auch auf andern Photographien. Ungefähr 19″ nördlich von ihm steht der Stern No. 131, der auf den Photographien im Vergleiche zu jenem höchst klein und unscheinbar ist. Bei Betrachtung mit blossem Auge am Refraktor, erscheint 131 dagegen an Helligkeit ziemlich gleich 148. Etwa 68″ südlich von 148 steht der Stern No. 269, welcher auf den Photographien vier- oder fünfmal kleiner ist als 148, aber etwas grösser als 131. Im Fernrohre zeigt sich dagegen No. 269 fast eine Grössenklasse heller als 148, und das Verhältnis zu 131 ist wesentlich das gleiche wie auf den Photographien. Sonach ist also der Stern No. 148 allein photographisch von abnormer Helligkeit. Infolgedessen wurde dieser Stern am Yerkesrefraktor mit den stärksten Vergrösserungen untersucht, wobei sich bei bester Luft ergab, dass derselbe nicht so scharf erschien als die benachbarten Sterne, vielmehr den Eindruck machte, als sei er etwas neblig, vielleicht ein äusserst kleiner planetarischer Nebel. Bei Scheiner findet sich als Grösse dieses Sternes 11.7 angegeben, während No. 131 zu 12.7 Gr. und No. 296 zu 12.4 Grösse angesetzt sind. Der Stern No. 382 ist Scheiners Normalstern, und dieser giebt ihm die Grösse 12.7 (photographisch); am Refraktor kann er dagegen nach Barnard nicht heller als 14.5 Gr. sein, und er erscheint viel schwächer als andere Sterne, die ihm auf der Photographie an Helligkeit gleich kommen. Der Stern No. 749 ist am Refraktor genau gleich hell wie No. 763, aber auf der Potsdamer Photographie ist er drei- oder viermal grösser als letzterer. Der Stern No. 393 ist am Yerkesrefraktor überhaupt sehr schwer wahrzunehmen, obgleich er photographisch 12.7 Grösse erscheint und ebenso gross als andere benachbarte Sterne, die ihn am Fernrohre bei weitem überstrahlen. Er ist überhaupt das trefflichste Beispiel von grosser optischer Lichtschwäche eines Sternes, der photographisch heller ist. Im übrigen zeigen die meisten Sterne auf den Photographien die nämlichen relativen Grössen zu einander, die sie auch bei Betrachtung mit dem Auge am Fernrohre darbieten. Die eben erwähnten Abweichungen einzelner Sterne bilden also Ausnahmen, die auf Eigentümlichkeiten dieser Objekte hinweisen, welche bei der grossen Mehrzahl der Sterne in diesem Sternhaufen nicht vorhanden sind. Der Stern No. 179 ist bemerkenswert wegen seiner grossen Nähe bei dem Sterne No. 188,

welcher normal erscheint. Auf der Photographie sind beide völlig gleich gross, während am Refraktor No. 179 mehrfach kleiner und sehr schwach ist (etwa 14. oder 14.5 Grösse). Der Stern No. 216 ist am 40-zolligen Refraktor als veränderlich erkannt worden und scheint auch anormal zu sein, denn auf der Potsdamer Photographie ist er beträchtlich heller als No. 183, während er diesem am Fernrohre niemals gleich kommt.[1])

Die einfache Erklärung der Eigentümlichkeit, welche jene Sterne zeigen, die photographisch hell, optisch dagegen lichtschwach erscheinen, ist die, dass sie weit mehr blaues (photographisch wirksameres) Licht ausstrahlen als die andern, welche die grössere Zahl in dem Sternhaufen bilden. Dies ist eine interessante und wichtige Thatsache. Prof. Barnard hat nun weiter gefunden, dass solche Sterne mit ausnahmsweise blauem Lichte auch in dem Sternhaufen M 5 in der Wage vorkommen, und zweifellos giebt es noch andere Sternhaufen, in denen sie sich gleichfalls finden. Als Barnard vor einiger Zeit sich über diesen Gegenstand mit Prof. Hale unterhielt, äusserte letzterer die Ansicht, dass eine Photographie, die aufgenommen würde, nachdem die Platte mit einen durchsichtigen gelblichen Schirme bedeckt worden sei, wahrscheinlich jene Eigentümlichkeit nicht zeigen, sondern alle Sterne in dem gleichen Helligkeitsverhältnisse darstellen würde, wie sie sich dem Auge am Fernrohre darstellen. Diese Schlussfolgerung erwies sich als richtig. Denn eine von H. Ritchey am 40-Zoller gemachte Aufnahme des Sternhaufens im Herkules M 13, bei welcher ein gelblichgefärbter Schirm angewendet wurde, zeigte die Sterne 148, 382, 179 u. s. w. in der gleichen relativen Helligkeit wie mit blossem Auge.

Es würde nun von Interesse sein, genau zu wissen, welche Bewandtnis es mit diesen anormalen Sternen hat. Leider ist das Spektroskop nicht im stande, Auskunft zu geben, da diese Sterne zu lichtschwach sind. Die Thatsache bleibt aber unanfechtbar, dass es in den kugelförmigen Sternhaufen einige wenige Sterne giebt, welche sich von allen Genossen durch ihr vorzugsweise blaues Licht unterscheiden und in dieser Beziehung dem Sterne im Ringnebel der Leyer (M 57) gleichen. Was die mögliche Existenz von kleinen Nebeln in den Sternhaufen anbelangt, so macht Prof. Barnard darauf aufmerksam, dass er in der Nähe des in Rede stehenden Sternhaufens im Herkules einen sehr kleinen Nebel gefunden hat, der, falls er noch viel kleiner wäre, für einen gewöhnlichen Stern gehalten würde. Er ist nur 13. Grösse und hat etwa 2—6″ im Durchmesser. Bei mässigen Vergrösserungen erscheint er als kleiner nebeliger Stern, bei starken Vergrösserungen zeigt er sich als äusserst kleiner Nebel. Sein Ort am Himmel (für 1860.0) ist:

Rektasz. $21^h\ 22^m\ 6^s$, Dekl. $+\ 11^0\ 34.8'$.

---

[1]) Eine Reproduktion der Scheinerschen Photographie des Sternhaufens M 13 findet sich im Sirius 1898. Tafel II.

Das Vorhandensein der abnormen Sterne führt von selbst auf die Frage nach dem Vorhandensein von Nebeln in den kugelförmigen Sternhaufen. Barnard betont, er sei, nach seinen Untersuchungen mit Hilfe des Yerkesrefraktors, überzeugt, dass die grossen Sternhaufen keine Nebelmassen enthalten, und dieses Ergebnis wird durch die photographische Aufnahme, welche Prof. Keeler mit dem Crossleyreflektor erhalten hat, durchaus bestätigt.

Ein merkwürdiger Haufen von Nebelflecken. Professor Wolff in Heidelberg teilt folgendes mit.[1]) »Auf zwei mit dem Bruceteleskop genommenen Aufnahmen vom 24. März dieses Jahres, welche die Umgebung von 31 Comae Berenices darstellen, findet sich eine sehr interessante Gegend des Himmels. Um die Stelle

$$\alpha = 12^h\,52^m\,6^s \quad \delta = +28^0\,42' \ (1855.0)$$

stehen nämlich zahlreiche kleine Nebelflecke so dicht beisammen, dass man beim Anblicke der Gegend förmlich über das merkwürdige Aussehen dies »Nebelhaufens« erschrickt. Ich habe die Anzahl der Nebel in einem Kreise von 30′ Durchmesser um die angegebene Stelle bestimmt und finde, dass mindestens 108 Nebelflecke auf dieser Fläche beisammenstehen, also auf einer Fläche etwa von der Grösse des Vollmondes. Darunter sind vier oder fünf grössere ausgedehnte und zentralverdichtete Nebel, sowie mehrere langgestreckte. Die weitaus meisten haben aber rundliche Form und sind kleiner.«

Neu aufgefundene Nebel und Sterne mit eigentümlichen Spektren. Prof. Edw. C. Pickering giebt ein weiteres Verzeichnis von Objekten mit besondern Spektren, welche von Mrs. Fleming bei Untersuchung der Draper-Memorial-Photographien entdeckt wurden.[2]) Die interessantesten davon sind folgende der Rektaszension (α) und Deklination (δ) für 1900 gelten.

α	δ	
$0^h\ 56.0^m$	$-72^0\ 42'$	Ein Stern dem V. Typus angehörig, in der kleinen Magelhanischen Wolke stehend und das einzige Objekt dieser Klasse, welches bis jetzt hier gefunden worden.
$1^h\ 6.2^m$	$-73^0\ 44'$	Gasnebel in der kleinen Magelhanischen Wolke.
$4^h\ 49.9^m$	$-61^0\ 21'$	Gasnebel in der grossen Magelhanischen Wolke.
$4^h\ 57.3^m$	$-66^0\ 33'$	Schwacher Gasnebel (?), mit einer hellen Linie im Spektrum, nahe bei der Linie $H\beta$.

„In Fällen wie dieser bleibt als einziges Mittel zu entscheiden, ob das Objekt ein Gasnebel, ein Stern des V. Typus mit heller Wasserstofflinie $H\beta$ oder ein Stern V. Typus ist, festzustellen, ob die

[1]) Astron. Nachr. No. 3704.
[2]) Harv. Coll. Obs. Circular. No. 60.

Wellenlänge dieser Linie grösser, gleich oder kleiner als die der Linie Hβ ist. Dies geschieht, indem eine Sternplatte dieser Region auf eine Sternspektrumplatte derselben so gelegt wird, dass die Bilder der umgebenden Sterne auf der erstern mit der Wasserstofflinie Hβ in den Bildern der letztern zusammenfallen. Wegen der Schwäche dieses Objektes und der geringen Dispersion ist es schwierig, die genaue Position der hellen Linie zu bestimmen."

$5^h\ 40.7^m - 69^0\ 27'$ Dieses Objekt wurde im Circular No. 19 als Gasnebel angezeigt. Eine genauere Untersuchung nach der vorstehend beschriebenen Methode ergab dagegen ein Sternspektrum des V. Typus.

$10^h\ 30.3^m - 47^0\ 53'$ 9. Grösse. Ein breites dunkles Band im Spektrum von etwas kleinerer Wellenlänge als Hβ scheint mit dem charakteristischen hellen Bande des Sternspektrums des V. Typus zusammenzufallen. Thatsächlich ist das Spektrum dieses Sternes ähnlich demjenigen eines Sternes des V. Typus umgekehrt auch ein kontinuierliches Spektrum.

$15^h\ 46.7^m - 65^0\ 52'$ 9.2 Grösse. Kontinuierliches Spektrum, die Linie Hβ, Hγ, Hδ hell.

Die helle Linie Hβ im Spektrum von η Centauri und ϰ Apodis wurde von Miss A. J. Canon als veränderlich erkannt.

Über die Auffindung und Registrierung kleiner Nebelflecke mit Hilfe der Photographie verbreitete sich Prof. M. Wolf.[1]) Bei der Anwendung der Doppelobjektive von grossem Öffnungsverhältnisse auf die Himmelsphotographie behufs Aufsuchung schwacher, ausgedehnter Nebel und kleiner Planeten war er überrascht, wie ungemein zahlreich allenthalben am Himmel die kleinen Nebelflecke auftraten. »Gleichzeitig«, sagt Prof. Wolf in seiner obigen Abhandlung, »war aus den ersten Versuchen ersichtlich, dass sich diese schwachen Nebel, von denen ja das Auge am Fernrohre nur verschwindende und vorübergehend erhaschbare Eindrücke erhält, sich auf der Platte mit grosser Sicherheit einstellen und messen liessen. Anderseits war das Wesentliche ihrer Gestalt unmittelbar zu erkennen und zu beschreiben.«

Diese Erfahrungen brachten ihn zu dem Entschlusse, den »kleinen Nebelflecken« des Himmels eine ganz besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Er begann sofort mit Aufnahmen von durchschnittlich zwei Stunden Belichtungsdauer zuerst von jenen Gegenden des Himmels, wo bekanntermassen die kleinen Nebelflecken am reichsten

---

[1]) Sitzungsber. d. mathem. phys. Kl. d. Kgl. Bayr. Akademie 1901. 31. Heft 2.

und schönsten vertreten sein sollen. Im Laufe der nächsten Jahre wurden so die Gegenden von Virgo, Leo und Coma Berenices zum grössten Teile mehr als dreimal mit Platten bedeckt.

»Es handelt sich,« fährt Prof. Wolf fort, »dann naturgemäss darum, die Positionen dieser ungezählten neuen Objekte zu bestimmen. Ich versuchte zuerst mit dem einfachen Bambergschen Schraubenmikroskop, mit dem ich die Positionen der kleinen Planeten zu vermessen pflegte, die Platten auszumessen, und zwar, in derselben Weise wie dort, dadurch, dass ich immer die Distanzen der Nebel von verschiedenen Anhaltssternen aus mass.«

Dabei zeigte sich sehr bald, dass zwar die erreichbare Genauigkeit eine sehr grosse war, dass aber die Mühe der Vermessung auch nur eines kleinen Teiles einer Platte so ins Grosse besonders bezüglich der Rechenarbeit wuchs, dass er gezwungen war, davon abzustehen. Nach allem, was er erfahren hatte, musste sich für diesen Zweck, allerdings unter Aufopferung der grössten Genauigkeit, der von Professor Kapteyn in Groningen ersonnene parallaktische Messapparat ganz besonders eignen.

Prof. Wolf zögerte nicht, als sich ihm die Gelegenheit darbot, mit bescheidenen Mitteln einen parallaktischen Messapparat zu beschaffen, leider hat sich die mechanische Ausführung der Arbeit des Apparates als ziemlich mangelhaft erwiesen, und die Messungen erreichten eine sehr viel geringere Genauigkeit als zu erwarten war.

In der Zwischenzeit wurde es ihm ermöglicht, ein neues bedeutend grösseres Fernrohr zu benutzen. Die Aufnahmen mit den 6-Zöllern mit der kurzen Brennweite gaben zwar alle Nebel ebenso gut und kräftig, als sie jedes grössere Instrument geben konnte; allein es war oft sehr schwierig, bei den kleinsten Nebelflecken zu entscheiden, ob man es mit ganz schwachen Sternchen oder mit kleinsten planetarischen Nebeln zu thun hatte. Mit dem neuen Teleskop, dessen zwei je 40 *cm* Öffnung besitzende Dublets eine Brennweite von 2 *m* haben, sind infolge dieser längern Brennweite die kleinsten Nebel viel sicherer als solche zu erkennen, und deshalb wird das Arbeiten sicherer und leichter. Da zwei gleiche Linsen vorhanden sind, so können stets zwei Aufnahmen gleichzeitig gemacht und die Zweifel wegen der stets vorhandenen vielen störenden Plattenunreinlichkeiten beseitigt werden. Prof. Wolf betont nachdrücklich, dass die Lichtkraft trotz mehrfacher Befürchtungen entschieden nicht geringer geworden ist gegenüber den kleinern Linsen. Das Öffnungsverhältnis ist zwar das gleiche wie bei jenen, und die Absorption musste mit den grössern Glasdicken stark zunehmen, nichts destoweniger blieb die Lichtkraft praktisch mindestens immer die gleiche, sie ist vielmehr eher etwas grösser geworden. Die Ursache liegt unter anderem vielleicht darin, dass die bei den meisten seitherigen Absorptionsuntersuchungen ganz übersehene

Helligkeit des Himmelsgrundes, die eine wesentliche Rolle in der Praxis spielt, bei den grössern Linsen viel günstiger für die Platte wird. Als Beispiel führt Prof. Wolf an, dass die feinen Ausläufer des ζ-Orionnebels mit dem grossen Teleskop bei gleicher Belichtung kräftiger herauskommen, als mit dem kleinen.

Um eine Vorstellung davon zu ermöglichen, wie zahlreich die kleinen, planetarischen Nebelflecken sind, und wie sich ihre Katalogisierung mit Hilfe des parallaktischen Messapparates ausführen lässt, teilt Prof. Wolf einige ausgemessene Gruppen mit.

Die erste liegt um einen Punkt am Himmel in α 8^h 12.1^m, δ $+19^0$ $20.0'$ (für 1875.0) und wurde mit dem Bruceteleskop am 13. Februar 1901 mit 1^h 32^m Expositionsdauer aufgenommen. Sie umfasst 60 kleine Nebelflecken, deren Positionen mit einer durchschnittlichen Genauigkeit bis auf 0.11^s in Rektaszension und $\pm$ 1.2″ in Deklination ausgemessen worden sind. Eine zweite Gruppe in α 8^h 17.7^m, $\delta + 20^0$ $5.9'$ enthielt 39 Nebel, eine dritte in α 8^h 8.8^m, $\delta + 24^0$ $42.5'$ 24 Nebel, eine vierte in α 8^h 9.7^m, $\delta + 23^0$ $39.5'$ umfasste 13 Nebel.

Über einige interessante Eigentümlichkeiten einzelner von den gemessenen Nebelflecken wird Prof. Wolf später berichten. Für jetzt war der Zweck der Mitteilung, zu zeigen, wie es möglich wäre, auf photographischem Wege und mit einfachen Messwerkzeugen die vielen unbekannten Nebel zu katalogisieren und sie kurz zu beschreiben. In dieser oder ganz ähnlicher Weise soll nach Absicht Prof. Wolfs nach und nach eine Grundlage für einen photographischen Nebelkatalog und damit für eine für die Erkenntnis unseres Weltsystems so wichtige Statistik geschaffen werden.

»Wie wichtig diese Katalogisierung ist«, sagt er, »geht auch aus den angeführten Beispielen recht anschaulich hervor. Es war absichtlich in den behandelten vier Gegenden eine Stelle des Himmels gar nicht weit von der Milchstrasse gewählt worden, die bisher als nebelarm betrachtet worden war. Die von den vier angeführten Gruppen bestrichene Fläche am Himmel beträgt 4.7 Quadratgrade. Es wurden auf ihr 135 Nebelflecken vermessen, von welchen, wie oben ersichtlich, nur drei als bekannt im Dreyerschen Generalkataloge angegeben sind. In den mir zugänglichen Listen Swifts befindet sich kein Nebel, der die betreffenden Gegenden berührt.[1]) In diesen vier Gegenden — sie liegen alle zwischen Praesepe und Milchstrasse —, nämlich

$\alpha = 8^h$	12.1^m	$\delta = +19^0$	$20'$	(1875.0)
8	17.7	20	6	
8	8.8	24	43	
8	9.7	23	40	

[1]) Listen No. 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12 in Monthly Notices, sowie Catalogues 1. 2, 3, 4, 4a in »History and Work of Warner Observatory«.

stellte sich daher das Verhältnis von neuentdeckten zu bekannten Nebelfleken wie 132 zu 3. Mit andern Worten, es wären bisher — vor Anwendung der Photographie mit den kurzbrennweitigen Linsen — nur 2 $^0/_0$ der leicht zu photographierenden Nebelflecken katalogisiert.

Aus den wenigen Schätzungen, die ich an andern als nebelreich bekannten Orten anstellen konnte, scheint hervorzugehen, dass dort die Zahl der Nebel durch die Photographie nicht in wesentlich grösserem Masse zunimmt. Es sind dort im Durchschnitte die Nebel nur grösser und heller und daher mehr bekannt.

Sollte sich diese Erfahrung bei der Weiterführung der Katalogisierung bestätigen, so würde daraus ein merkwürdiger Schluss auf die Konstitution des Weltsystems zu ziehen sein.«

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Der Urzustand der Erde. Nach der Kant-Laplaceschen Hypothese bildete die Erde ursprünglich einen glühenden Gasball, aus dem sich im Laufe unzähliger Jahrtausende der heutige Zustand der Oberfläche und des Erdinnern durch Abkühlung entwickelte. Diese Hypothese spielt auch in der Geographie eine gewisse Rolle, wenigstens wird gelegentlich darauf zurückgegriffen. Es ist schon früher von verschiedener Seite betont worden, dass diese Hypothese nicht die einzig zulässige ist, sondern auch andere Vorstellungen über den Urzustand der Erde Berechtigung haben dürften. Fr. Ratzel hat sich über diesen Punkt verbreitet[1]) und die Schwierigkeiten betont, die bei dieser Hypothese bleiben. Er bringt freilich nichts Neues, und die zuerst von Gruithuisen aufgestellte Hypothese, die er für ebenso wahrscheinlich hielt als die Kant-Laplacesche, nämlich die Entstehung der Erde durch Zusammensturz von kleinern (meteorähnlichen) Himmelskörpern, ergiebt sich bei genauerer Betrachtung als völlig verfehlt. Von der Kant-Laplaceschen Hypothese sagt Ratzel: »Gehen wir von der Erde aus, so erscheint uns also die Stellung der Geographie zu der sogen. Kant-Laplaceschen Hypothese gründlich verschieden von der der Kosmologie. Während sie dem Blicke ins Weltall den grossen ursprünglichen Zusammenhang einer einfachen Entwickelung zeigt, weist sie die Wissenschaft von der Erdoberfläche in eine Tiefe, wohin keine geographische Methode und überhaupt keine wissenschaftliche, ausser der Schwerebestimmung, reicht. Für die Kosmologie bedeutete sie Klärung, Ordnung, für die Geographie Ablenkung von ihrem eigentlichen Arbeitsfelde. Der Geologie steht sie einen Schritt näher, aber wenn wir die Bilanz des Nutzens ziehen, den die beiden Schwesterwissenschaften aus dieser Hypothese gezogen haben, so ist das Ergebnis gleichmässig unbefriedigend. Von den Geographen wird zunächst die Abplattung der Erde an beiden Polen als ein Erbteil aus feurig-flüssiger Vergangenheit angesprochen. Playfair hat zwar schon vor 100 Jahren gemeint, dass man nicht so weit zu greifen brauche, es genüge die Verwitterung mit der Wirkung des Eises und

---

[1]) Petermanns Mitteilungen 1901. p. 217.

Wassers unter der Voraussetzung langer Dauer. Man hat sich indessen daran wenig gekehrt. Man erfreute sich an den Versuchen Plateaus und Sachers, die die Abplattung vor Augen stellten. Aber hat denn wirklich der Versuch Plateaus, der Ölkugeln in Weingeist von derselben Dichte rotieren liess, wobei sie sich an den Drehungsaxen abplatteten, oder der Versuch Sachers mit Kugeln aus geschmolzenem Walrat, die in Weingeist bei einseitiger Erstarrung zu rotieren begannen, für den Geographen die Bedeutung, die ihnen oft beigelegt wird? Vor allem setzen sie ja die flüssige Erde voraus, die erst zu beweisen war. Diese Versuche sind keine Experimente im logischen Sinne, sie führen nicht weiter, sondern verdeutlichen nur eine Vorstellung, die wir schon mitbrachten; sie beweisen nichts, sind also mehr Bilder als Experimente. Die mit dem geringern Gewichte wachsende Abplattung der äussern Planeten zwingt uns ebenso wenig zur Voraussetzung irgend eines vorausgegangenen flüssigen oder gasförmigen Zustandes.«

Ratzel vergisst hierbei, dass die Sonne, der Zentralkörper des ganzen Systems, heute sich noch thatsächlich in diesem Zustande befindet; ausserdem ist die Behauptung, dass die »mit geringerem Gewichte« (?) wachsende Abplattung der äussern Planeten nicht zur Voraussetzung eines vorausgegangenen liquiden Zustandes zwinge, unmotiviert. Die gemachten Einwendungen sind übrigens schon früher von Fr. Mohr vorgebracht worden.

Die Verteilung der Schwerkraft auf der Erde ist in übersichtlicher Weise von J. B. Messerschmitt, dessen eigene Arbeiten auf diesem Gebiete bekannt sind, dargestellt worden.[1]) Bis jetzt sind die Beobachtungen nach dieser Richtung hin noch sehr ungleichmässig verteilt, ja nicht einmal auf einem Kontinente ist die Verteilung der Schwerkraft hinreichend genau bekannt. In Europa steht in dieser Beziehung Österreich-Ungarn am besten da, weil es infolge der Bemühungen v. Sternecks über 500 Schwerestationen aufweist. Dann folgt die Schweiz; andere Staaten Europas arbeiten rüstig an der Ausführung bezüglicher Beobachtungen:

»Die Beobachtungen längs einer meridionalen Linie von Kolberg an der Ostsee bis zur Schneekoppe haben nun im nördlichen Teile von der Ostsee bis zum Kleisterberge auf der pommerschen Seenplatte eine Störungsschicht von etwa + 210 *m* ergeben. Auf dem südlichen Teile der Seenplatte vom Kleisterberge bis zum Thale der Netze ist die Störung etwa bis — 100 *m*, im Wartethale Null, dann bis Tirschtiegel etwa + 30 *m*. Dann folgt eine ziemlich plötzliche Steigerung bei Bomst, von wo ab, unter dem Oderthale weg bis auf 20 *km* nördlich vom Gröditzberge (trotz des sandigen Bodens), eine Dicke der störenden Schicht über + 300 *m* nahezu gleichförmig besteht. Der schwere Basalt des Gröditzberges und der immer noch verhältnismässig schwere silurische Thonschiefer in Ludwigsdorf verhindern nicht eine allmähliche Abnahme der Dicke der Störungsschicht bis auf Null. Weiterhin ist dieselbe negativ, im Mittel etwa — 200 *m*, ein Einfluss des

[1]) Hettners geogr. Zeitschrift 1901. p. 305 ff.

anstehenden Bodens und Gesteins, ob Lehm, Porphyr oder Granitit, ist dabei nicht ersichtlich.

Die ganze norddeutsche Tiefebene, soweit sie bis jetzt durchforscht ist, zeigt einen ziemlich erheblichen Massenüberschuss, nach General von Zachariae auch Jütland. In der Ostsee, auf der Insel Bornholm[1], wird dieser Überschuss von etwa 500 *m* Mächtigkeit noch angetroffen, ja er hat sogar gegenüber der Küste bei Kolberg noch etwas zugenommen. Sehr bemerkenswert ist die Verteilung der Schwere auf der Insel selbst, mit welcher übrigens auch die daselbst von A. Paulsen gefundenen Anomalien des Erdmagnetismus einen gewissen Zusammenhang zu haben scheinen.

Nähert man sich dem Harze von Norden her, so steigt von Harzburg an rasch die Schwerkraft bis etwas südlich vom Brocken,[2] wo eine Störungsschicht von + 300 *m* vorhanden ist, wenn in Harzburg die Schwere noch normal ist. Nach dem Leinethale zu nimmt die Störungsschicht allmählich auf etwa + 50 *m* bis 60 *m* ab, während sie auf dem linken Ufer dieses Flusses wieder in ähnlicher Weise zunimmt. Nach Süden und Südosten zu nimmt diese Schicht stetig ab. In Langensalza erscheint die Schwere nahe ungestört, in Thüringen aber stellt sich ein Massendefekt ein. Es verdient ferner Beachtung, dass ebenso wie in Langensalza, so auch weiter nördlich in Oldesloe in Holstein die Schwerkraft ungestört erscheint. Da an beiden Orten Soolquellen zu Tage treten, dürften die unter beiden Stationen vorhandenen salzhaltigen Massen die Ursache davon sein.

Sehr bemerkenswert ist auch der innige Zusammenhang zwischen der Schwerkraft nach Intensität und Richtung im Harze, sowohl mit den geologischen, als auch den erdmagnetischen Verhältnissen dieser Gegend, wie dies die Vergleichung der aus den sichtbaren Massen berechneten Lotstellungen[3]) mit den direkt beobachteten und die Untersuchungen des Erdmagnetismus durch Eschenhagen[4]) ergeben haben.

Der geringe Massendefekt, welcher in Thüringen gefunden wird, hält in meridionaler Richtung an, von Koburg nach Süden zu bis zur Donau[5]), in einer Stärke von — 150 *m* bis — 300 *m*, von da ab nimmt derselbe mehr und mehr gegen die Alpen hin zu.

Die Schwerkraft in den Alpen anlangend, haben die Beobachtungen übereinstimmend einen starken Defekt ergeben. Unterhalb der Tiroler Alpen[6]) zwischen Innsbruck, Landeck, Stilfserjoch und Bozen erreicht dieser auf das Meeresniveau kondensiert gedachte Defekt eine Stärke von

---

[1]) G. von Zachariae, Relative Pendulmaalinger i Kobenhavn og paa Bornholm med Tilkuylning til Wien og Potsdam. Oversigt over det K. Danske Vidensk. Selsk. Forh. Kobenhavn 1897. No. 2.

[2]) L. Haasemann, Bestimmung der Intensität der Schwerkraft auf 55 Stationen von Hadersleben bis Koburg und in der Umgebung von Göttingen. Veröff. d. k. preuss. geod. Institutes. Berlin 1899.

[3]) J. B. Messerschmitt, Über den Einfluss der sichtbaren Massen des Harzes auf die Stellung des Lotes. Zeitschr. für Vermessungswesen 1899. **38.** p. 634.

[4]) M. Eschenhagen, Magnetische Untersuchungen im Harze. Stuttgart 1898. Forschungen zur deutschen Landeskunde **11.** Heft 1.

[5]) K. von Orff, Bemerkungen über die Beziehung zwischen Schweremessungen und geologischen Untersuchungen u. s. w. Sitz.-Ber. der bayr. Akad. Math.-phys. Kl. 27. München 1897. Seite 155 und K. von Orff, Über die Hilfsmittel, Methoden und Resultate der Internat. Erdmessung. Festrede. K. b. Akad. München 1899. p. 40.

[6]) F. R. Helmert, Die Schwerkraft im Hochgebirge. Veröff. d. pr. geod. Inst. Berlin 1890 und die Abhandlungen des Herrn R. von Sterneck in den Mitteilungen des mil.-geogr. Institutes in Wien besonders 1892 u. 1893. **11.** u. **12.**

ca. 1500 *m* (bei einer negativen Dichte von 2,4), weiter nach Süden zu nimmt dieser Defekt rasch ab und geht in der Gegend des Gardasees eine Strecke lang sogar in einen geringen Massenüberschuss über. In den Ausläufern des Gebirges bei Mantua stellt sich wieder ein geringer Defekt ein, der aber in der Poebene gegen die Küste hin rasch abnimmt.

Ganz analog verläuft die Schwere in den Schweizeralpen.[1]) Auf der Südseite, in der Poebene ist die Schwere nur wenig von der anormalen verschieden. Mit der Annäherung an die Alpen wird die Schwere immer kleiner als der normale Wert gefunden, und dieser dadurch angedeutete Defekt nimmt rasch gegen das Zentrum der Alpen hin zu. Unterhalb der Berner Alpen, des St. Gotthard, ist er etwa 1200 *m*, nach Osten hin wächst er noch mehr und erreicht im Engadin den gleichen Betrag von 1500 bis 1600 *m* Mächtigkeit wie im anstossenden Tirol. Es ist dies der grösste in den Alpen konstatierte Betrag, was für die Geologie dieses Teiles der Alpen wohl von Bedeutung ist. Nach Norden zu nimmt entsprechend der äussern sichtbaren Gestalt des Terrains der Defekt langsam ab. Hierbei ist darauf aufmerksam zu machen, dass das Maximum des Defektes nicht mit der höchsten Erhebung des Gebirges zusammenfällt, sondern etwas nach Norden verschoben gefunden wird, ein Umstand, der wohl seinen Grund in der Bildung der Alpen hat, welche durch von Süden nach Norden wirkende Schubkräfte entstanden sind, woher auch der steilere Abfall im Süden rührt.

Im nördlichen Teile der Alpen und auf der schweizerischen Hochebene bis zum Bodensee wird durchgehends eine mittlere Abweichung von nahezu der gleichen Grösse gefunden; im östlichen Teile der Schweiz geht dabei der grössere Defekt mehr nördlich als im Westen; ja in der Gegend des Genfersees findet sich ein Gebiet, wo der Defekt sehr klein ist. Der Jura tritt bei der Intensität der Schwere gar nicht hervor, indem dort fast die gleichen Werte, wie auf der schweizerischen Hochebene gefunden werden; ähnliche Verhältnisse zeigt auch der fränkische Jura. Es erscheint somit der schweizerische Jura im Vergleiche mit dem schweizerischen Mittellande, der sog. Hochebene, gar nicht kompensiert, indem hier überall nahezu der gleiche Massendefekt entsprechend einer Mächtigkeit von 300—400 *m* Dicke gefunden wird. Es rührt dies wohl daher, dass der Jura trotz der kolossalen Mächtigkeit der Kalkablagerungen nicht tief in die Erdrinde reicht, so dass in verhältnismässig geringer Tiefe eine mehr normale Schichtung des Gesteins zu erwarten ist, weshalb der Jura auf das Pendel nur wie ein einfaches Hebungsgebiet wirkt. Anders bei den Alpen und auf dem Schwarzwalde, bei welchen dank ihrer Entstehungsgeschichte noch tief hinab die Gebirgsfalten reichen, die durch die verminderte Stärke der Schwerkraft nachgewiesen, ja gewissermassen abgewogen werden können. Es dringen die weniger dichten Gesteine hier noch in Tiefen hinab, die sie bei normaler Lagerung nicht haben, wodurch die Schwingungszeiten der Pendel entsprechend geändert erschienen. Der stärkere Defekt im Engadin wäre dann dadurch zu erklären, dass dort die Falten des Gebirges noch tiefer hinabreichen, als in andern Teilen der Alpen, besonders in den benachbarten Berner- und Freiburger-Alpen.

Die geringsten Unterschiede zwischen der beobachteten und der normalen Schwere in dem eben behandelten Gebiete werden am Rheine in der Gegend von Basel bis Schaffhausen gefunden, wo Jura und Schwarzwald zusammenstossen. Der Schwarzwald ergiebt wieder bedeutende

---

[1]) J. B. Messerschmitt, Das schweizerische Dreiecksnetz 7. Relative Schwerebestimmungen. Zürich 1897 und 9. Polhöhen und Azimutmessungen. Das Geoïd der Schweiz. Zürich 1901.

Defekte der unterirdischen Massen[1]), was auf die geologische Zusammensetzung dieses Gebirges zurückzuführen ist, dessen Fuss in grosser Tiefe liegend angenommen werden kann.

In Österreich ausserhalb der Alpen wird in der Nähe von Graz die Schwere zu gross, also Massenanhäufung gefunden; diese erstreckt sich nach Süden etwa bis zum Bachergebirge und weit nach Osten, wo sie sich noch erweitert. Nördlich von Graz tritt dagegen Massendefekt auf, der über den ganzen Semmering nachgewiesen werden konnte. Er ist verhältnismässig gering und entspricht etwa 200—300 *m* Mächtigkeit. Man kann ihn als den östlichen Ausläufer des grossen Defektes auffassen, der unter den Alpen konstatiert wurde. Weiter nördlich zeigt das Wiener tertiäre Becken wieder Massenanhäufung, die nach Ungarn hin an Mächtigkeit zunimmt und an den Ufern des Neusiedlersees ein Maximum von etwa 1000 *m* äquivalenter Dichte der überschüssigen Schicht erreicht. Auch im Gebiete des Wiener Waldes (Kreideformation) ist Massenüberschuss vorhanden, doch scheint hierbei die Höhe des Gebirges nur von untergeordnetem Einflusse zu sein; es sind also ähnliche Verhältnisse wie beim Schweizer Jura, der ähnlichen geologischen Ursachen sein Dasein verdankt.

Unter der galizischen Ebene befindet sich ein Massendefekt von etwa 400 *m*, der unter dem nördlichen Abfalle der Karpathen bis auf nahezu 600 *m* ansteigt und zwischen den Stationen Slacosko und Lawoczne plötzlich verschwindet. Letzterer Ort zeigt schon Massenanhäufung, welche sich über den grössten Teil von Ungarn, den Südabhang der Karpathen inbegriffen, erstreckt, wo sie bis 600 *m* äquivalente Mächtigkeit erreicht, die sie ohne wesentliche Änderungen in der nordungarischen Tiefebene beibehält; weiter südlich verringert sie sich auf etwa die Hälfte.

Unter dem siebenbürgischen Hochlande zeigt sich trotz der hohen Lage eine Massenanhäufung, während die aus primären (azoischen) Formationen bestehenden Randgebirge wieder Massendefekt zeigen. Es scheint auch hier die Verteilung der Defekte nicht immer mit den sichtbaren Massen im Einklange zu stehen, indem deren Maxima nicht immer mit denjenigen der Bodenerhebung übereinstimmen; man kann, ebenso wie in den Alpen, eine gegenseitige Verschiebung erkennen, die wohl auf die gleiche Ursache zurückgeführt werden kann.

Im Süden der Alpen, besonders nach dem Becken des Adriatischen Meeres zu, ist längs der Küste in Italien und auf der Balkanhalbinsel die Schwere normal. In dem Senkungsgebiete der Poebene, namentlich in der Nähe der Mündung, wird die Schwere etwas zu gross erhalten; je mehr man sich aber von der Küste seewärts entfernt, desto grösser wird der Massenüberschuss. Bei der Insel Pelagoso im Adriatischen Meere erreicht der Massenüberschuss bereits 1000 *m*.

Interessant ist der Verlauf der Schwere im Querschnitte durch die Apenninhalbinsel bei Neapel. Hier wird überall Massenüberschuss gefunden, der im Westen bei Ischia bis auf 1500 *m* ansteigt.[2]) Es finden hier offenbar ähnliche Verhältnisse statt wie auf den ozeanischen Inseln, woraus zu schliessen, dass die Ursache der Entstehung der Vulkane in beträchtlicher Tiefe zu suchen ist.

---

[1]) M. Haid, Die Schwerkraft in der Rheinebene und im Schwarzwalde. Bericht über die 27. Versammlung des Oberrhein. geolog. Vereins. Landau 1894.

[2]) Relative Schwerebestimmungen. Ausgeführt durch die k. k. Kriegsmarine 1892—1894. Wien 1895.

Eine ganz ähnliche Verteilung der Schwere konnte A. von Triulzi im Roten Meere[1]) nachweisen, wo, wie überall auf den Meeren, die Schwerkraft relativ gross gefunden wird. Auf der Insel St. John ist ein etwa 2000 *m* starker Massenüberschuss vorhanden, der nach den Küsten zu und nach Norden hin abnimmt. Nur im Golfe von Akabah ist die Schwere kleiner als der theoretische Wert (Defekt). Der Gebirgsstock des Sinai, der Golf von Akabah und die angrenzenden Gebirge der arabischen Küste haben demnach relativ kleine Schwere. Nach den bestehenden Theorien ist daher in Übereinstimmung mit den Schweremessungen das Rote Meer als Senkungsgebiet, der Golf von Akabah hingegen wegen der daselbst gefundenen kleinern Schwere als ein Thal im Gebirge aufzufassen. Die Zunahme der Schwerkraft vom Lande gegen die See erfolgt ziemlich regelmässig mit der Abnahme der Bodenerhebung, und zwar scheint die Zunahme nach der ägyptischen Seite hin rascher zu sein, als auf der arabischen.

Die relativ kleine Schwere in Indien ist schon vor einem halben Jahrhunderte durch Pratt nachgewiesen worden, der dadurch angezeigte ideale Massendefekt entspricht wieder wie in Europa angenähert den äussern sichtbaren Massen; das nämliche ergiebt sich für den Kaukasus.[2]) Aber am letztern Orte besonders treten auch grössere Abweichungen von diesem allgemeinen Gesetze auf.

Auf einer Linie, die über Spitzbergen und Frankreich nach Algier geht, liegen eine grössere Anzahl Beobachtungen[3]) vor, welche für den nördlichen Teil des afrikanischen Kontinents einen grossen Massendefekt ergeben. Das Mittelländische Meer weist wieder einen starken Massenüberschuss auf, der weiter nördlich rasch in einen Defekt übergeht. Im nördlichen Frankreich und an den Küsten von England weicht die Schwere nur wenig von dem normalen Werte ab. Dagegen wächst der Massenüberschuss im Ozeane beträchtlich an; in Spitzbergen entspricht er etwa einer Schicht von 800 *m*.

Auch in der neuen Welt wird der nämliche Zusammenhang zwischen den Schwereanomalien und der Landerhebung gefunden. So fand Defforges längs dem 40. Parallelgrade nördl. Breite an der Ostküste der Vereinigten Staaten von Nordamerika zunächst einen geringen Massenüberschuss, der in der Gegend von Chicago bereits in einen Massendefekt übergegangen ist und unter dem Felsengebirge eine den äussern sichtbaren Massen entsprechende Grösse erreicht; an der Westküste bis San Francisco ist wieder die Schwere nahezu normal, wie an der Ostküste.

Ebenso zeigen die Küsten des Golfs von Mexiko[4]), Neu-Orleans und Galvestons eine grössere Schwere, als die mehr im Innern des Landes gelegenen Stationen, wie dies überall zwischen Küsten- und Landstationen gefunden wird. Im ganzen zeigen auch hier alle Stationen im Innern des Landes einen Schweredefekt.

Im Gegensatze zu den Kontinenten wird auf den ozeanischen Inseln die Schwere zu gross gefunden und ganz beträchtlicher Massenüberschuss erhalten; wie die Schwere auf dem freien Ozeane dagegen ist, lässt sich bis jetzt noch nicht sagen. Man darf annehmen, dass sie hier nahezu normal sein wird; dann ist die grössere Schwere auf den Inseln hauptsächlich auf Rechnung der Inselpfeiler zu setzen.

---

[1]) A. von Triulzi, Relative Schwerebestimmungen. Expedition S. M. Schiff »Pola« im Roten Meer. Bericht der Komm. für ozeanogeographische Forschungen. Denkschriften der Akademie Wien 1898. **65.**

[2]) F. R. Helmert, Die Schwerkraft im Hochgebirge. Berlin 1890.

[3]) Mémorial du dépôt général de la guerre. 15. Observations du pendule. Paris 1894.

[4]) G. R. Putnam, Results of Pendulum observations made in 1895 and 1896. Rep. of the Coast and Geodetic Survey. Washington 1897. Appendix 6.

Diese Massendefekte anbelangend, wird man sich dieselben nicht als wirkliche Hohlräume, sondern nur als Massen von geringerer Dichte oder lockerer Struktur zu denken haben. So genügt es zur Erklärung der geringern Schwere in den Alpen, anzunehmen, die entsprechenden Schichten haben bis zu einer Tiefe von etwa 200 *km* eine um wenige Prozente geringere Dichte, als die umgebenden Schichten der Erde. Massenanhäufung kann man sich durch Senkungen entstanden denken weshalb auf den Meeren trotz der Wasserbedeckung von tausenden Metern Tiefe die Schwere normal ist. Anderseits sind die Gebirge und ebenso die ganzen Kontinente unterirdisch kompensiert. Die Kompensation der Anziehung braucht jedoch nicht überall vollständig zu sein, wie auch einzelne Gebirgsstöcke oft nicht für sich allein kompensiert sind, was für einzelne Berge in niedern Gegenden ebenfalls nicht der Fall zu sein braucht. Die Ursache der unvollständigen Kompensation kann teilweise daran liegen, dass die Massendefekte kleiner sind, als die Gebirgsmassen über dem Meeresniveau, teilweise auch daran, dass sie bei gleichem Betrage sich in grössern Tiefen vorfinden und somit nach ausserhalb eine geringere Anziehung ausüben als die Oberflächenmassen.«

Der normale Teil der Schwerkraft im Meeresniveau.

Eine kritische Zusammenstellung und Bearbeitung aller zugänglichen Ergebnisse der Beobachtungen mit Pendelapparaten für relative Schweremessungen hat Prof. F. R. Helmert ausgeführt.[1]) Im ganzen konnten von ihm gegen 1400 Werte der Beschleunigung g der Schwere auf der Erdoberfläche für bestimmte Orte benutzt werden. Seine Mitteilungen beziehen sich auf die vorläufigen Rechnungsergebnisse für den normalen Teil der Schwerkraft im Meeresniveau, während die Veröffentlichung und eingehende Diskussion des gesamten Materiales für später in Aussicht genommen ist.

Den Rechnungen liegen nur Werte von g für Festlandsstationen und für Küstenstationen zu Grunde, während Inselstationen — genauer gesprochen: Stationen auf kleinen Inseln in tiefem Wasser — nicht benutzt sind, da dieselben erfahrungsmässig erheblich zu grosse Werte von g aufweisen, welcher Umstand auch durch das Kondensationsverfahren nicht ganz zu beseitigen ist.

Die in der Meereshöhe H beobachteten g sind entsprechend dem soeben genannten Verfahren aufs Meeresniveau so reduziert, als befänden sich ausserhalb des letztern keine Massenteile des Erdkörpers; bekanntlich entspricht diese Reduktionsweise auch dem Ausdrucke für die Abhängigkeit der Beschleunigung g von H, welchen von Sterneck aus zahlreichen Messungsergebnissen abgeleitet hat.[2]) Stationen auf hohen Berggipfeln, die auch systematisch beeinflusst sind, hat Verf. aber ausgeschlossen.

Als Küstenstationen wurden nur solche Stationen angesehen, die sich in der Nähe des steilen Abfalles der Meeresküste befinden; Stationen, die weithin von Flachsee umgeben sind, wurden als Festlandsstationen betrachtet. Anstatt die strengere Reduktion der Küstenstationen nach dem Kondensationsverfahren anzuwenden, begnügte Verf. sich für diese vorläufige Untersuchung damit, die Werte von g einfach um eine Konstante zu vermindern. Er achtete aber darauf, ob im Mittel der Stationsgruppen auch die örtlichen Verhältnisse genügend gleich sind, was in der That der Fall ist. Bei der beabsichtigten definitiven Berechnung wird aber das Kon-

---

[1]) Sitzber. d. Kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. 1901. **14. 15.** p. 328.
[2]) Mitteilungen des k. k. Militär-Geogr. Institutes Wien 1898. **17.** p. 108.

densationsverfahren genauer durchgeführt werden, weil nur dadurch der besondern örtlichen Lage Rechnung getragen werden kann.

Alle Werte g sind auf das »Wiener System« reduziert, d. h. auf die gebräuchliche Annahme für g im Militär-Geographischen Institut zu Wien, die nach Massgabe der absoluten Bestimmung der Grösse der Schwerkraft durch von Oppolzer erfolgt ist.

Als Ausgang der Rechnung benutzte Prof. Helmert seine Formel von 1884, wonach der normale Teil der Beschleunigung der Schwerkraft im Meeresniveau in der geographischen Breite φ gleich ist:

$$\gamma_0 = 978.000\,cm\ (1 + 0.005310\ \sin^2 \varphi)$$

oder: $$\gamma_0 = 980.597\,cm\ (1 - 0.002648\ \cos 2\varphi).$$

Die Abweichungen der wegen H reduzierten g von γ_0, die er mit $g - \gamma_0$ oder Δg bezeichnet, wurden für die Zonen zwischen den Parallelkreisen von 0, 10, 20 . . . 80° Breite gemittelt. Bei dieser Mittelbildung wurden zunächst Festlands- und Küstenwerte getrennt behandelt; der Unterschied der nördlichen und südlichen Erdhälfte ist aber nicht beachtet. Die Mittelbildung erfolgte im allgemeinen nicht unmittelbar aus allen Einzelwerten, sondern in solcher Weise, dass die Mittel möglichst auch dem Idealfalle entsprechen sollten, wo die Stationen gleichmässig auf der Oberfläche verteilt sind. Innerhalb jeder Zone wurde daher zunächst in der Regel nach Ländern oder Regionen gemittelt und unter Umständen nochmals nach Erdteilen. Um die Willkür einzuschränken, hat Verf. in Zweifelsfällen auch in verschiedener Weise gerechnet und die gefundenen Gesamtmittel nochmals gemittelt.

Als Endergebnis seiner Untersuchung giebt Prof. Helmert folgende Formel für die normale Schwerkraft im Wiener Systeme:

$$\gamma_0 = 978.046\,cm\ (1 + 0.005302\ \sin^2 \varphi - 0.000007\ \sin^2 2\varphi)$$

oder $$\gamma_0 = 980.632\,cm\ (1 - 0.002644\ \cos 2\varphi + 0.000007\ \cos^2 2\varphi)$$

mit dem Abplattungswerte der Erde 1 : 298.3.

Zur Bestimmung kleiner Flächenstücke des Geoids aus Lotabweichungen mit Rücksicht auf Lotkrümmung hat Prof. F. R. Helmert in der preuss. Akad. d. Wiss. eine Abhandlung vorgelesen.[1]) In dieser werden die früher gegebenen Formeln durch Einführung geeigneter Ausdrücke für die Beschleunigung der Schwerkraft auf der physischen Erdoberfläche zur praktischen Verwendung schicklicher gemacht. Ausserdem wird die Reduktion der in verschiedenen geographischen Breiten beobachteten westöstlichen Lotabweichungskomponenten auf gleiche Breite besprochen.

Die Resultate des internationalen Breitendienstes 1899.8 bis 1901.0 sind von Prof. Th. Albrecht mitgeteilt worden.[2])

Nachdem der internationale Breitendienst auf dem Parallel von + 39° 8′

in	Cincinnati	am	1.	September	1899
„	Tschardjui	„	10.	September	„
„	Gaithersburg	„	2.	Oktober	„
„	Ukiah	„	11.	Oktober	„
„	Carloforte	„	24.	Oktober	„
„	Mizusawa	„	16.	Dezember	„

1) Sitzber. d. Kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. 1901. p. 958.
2) Astron. Nachr. No. 3734.

begonnen worden war, ist derselbe seit dieser Zeit ununterbrochen im Gange.

Seitens des Zentralbureaus der Internationalen Erdmessung lag die Absicht vor, aus diesen Beobachtungen den Verlauf der Polbewegung zunächst für das Zeitintervall von Anfang November 1899 bis Ende des Jahres 1900 mit möglichster Schärfe abzuleiten und die Resultate dieser Ableitung in einer ausführlichen Publikation des Zentralbureaus zu veröffentlichen. Diesem Vorhaben stellten sich aber insofern Hindernisse in den Weg, als sich bei der Bearbeitung ergab, dass die Beobachtungen noch nicht auf allen Stationen frei von Störungen vor sich gegangen sind. Das Zentralbureau ist daher zu der Einsicht gelangt, dass es zweckmässiger sein wird, zunächst noch ein umfassenderes Beobachtungsmaterial zu sammeln und erst im Laufe des nächsten Jahres eine definitive Bearbeitung der bis dahin vorliegenden Breitenbeobachtungen vorzunehmen.

Bevor man aber an die definitive Bearbeitung des Materiales gehen kann, ist es unter allen Umständen notwendig, Näherungswerte für die Polbewegung abzuleiten, um die Beobachtungen auf den einzelnen Stationen streng auf gleiche Zeitepochen reduzieren zu können. Werte dieser Art liegen gegenwärtig für die Periode 1899.8—1901.0 vor, und zwar, gegenüber der frühern Ableitung der Polbewegung, in einem so hohen Grade der Annäherung, dass dieselben mit voller Berechtigung zur Reduktion der astronomischen und geodätischen Beobachtungen benutzt werden können.

Die Berechnung ergab nun, dass der Momentpol in der Zeit von 1898.8.—1901.0 nahezu eine Ellipse beschrieb, deren halbe grosse Axe 0.12″ beträgt und den Richtungen $\lambda = -120^\circ$, bezw. $+60^\circ$ entspricht, während sich die halbe kleine Axe auf 0.07″ beläuft.

Als mittlere Polhöhen ergeben sich für die sechs internationalen Stationen die Werte:

Mizusawa	39° 8′ 3.57″	Gaithersburg	13.12
Tschardjui	10.68	Cincinnati	19.33
Carloforte	8.93	Ukiah	12.10

Die Variation der geographischen Breiten bildet noch fortwährend den Gegenstand der Untersuchungen. Von diesen sind zu erwähnen die Arbeit van de Sande Bakhuyzen: »Über die Bewegungen des Erdpoles nach den Beobachtungen der letzten Jahre«;[1]) J. Weeder: »Die vierzehnmonatliche Periode der Polbewegung nach den Azimutbeobachtungen der Meridianmarke der Leydener Sternwarte 1882—1896«;[2]) J. Halm: »Über eine eigentümliche Beziehung zwischen den periodischen Änderungen der Sonnenthätigkeit und der Erd-

[1]) Bull. de l'acad. d'Amsterd.am Août 1900.
[2]) a. a. O. April 1900.

bewegung,[1])« und ferner von demselben: »Breitenvariation, Erdmagnetismus und Sonnenthätigkeit[2])«, sowie W. G. Thackeray's Bemerkungen hierzu.[3])

Weeder findet, dass unter der Annahme von Bakhuyzens engern Periode der Breitenschwankungen von 430.66 Tagen, die Amplitude der azimutalen Bewegung in Leyden den Beobachtungen gemäss 0.0148^s beträgt, was 0.136″ für die Amplitude des 14-Monats-Gliedes der Breitenschwankung giebt. Sokoloff hatte früher aus den Beobachtungen der Meridianmiren zu Pulkowo eine etwas grössere Amplitude abgeleitet. M. J. Halm glaubt, dass als Ursache der Breitenschwankungen die magnetische Einwirkung der Sonne auf die magnetische Axe der Erde, welche mit der Rotationsaxe einen Winkel von etwa 12° macht, anzusehen sei. Dieser Gedanke ist vielleicht nicht ohne weiteres abzuweisen.

2. Oberflächengestaltung.

Die Ursachen der Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes sind von Dr. F. Wahnschaffe in der 2. Aufl. seines gleichnamigen Werkes,[4]) dem heutigen Standpunkte der Forschung gemäss, genauer dargelegt worden. Die Oberfläche des norddeutschen Flachlandes besteht, mit wenigen örtlichen Ausnahmen, aus Bildungen der Quartärformation, deren oberste Stufe das Alluvium ist, während darunter diluviale Sedimente liegen. Unter der Quartärformation ruht die Tertiärformation, die von oben nach unten in die vier Stufen des Pliocän, Miocän, Oligocän und Eocän zerfällt. Unter dieser liegt die mesozoische Gruppe, deren oberste Formation die Kreide bildet, bei der man obere und untere Kreide unterscheidet, worauf die noch ältere Jura- und Triasformation folgen. Unter dieser ruht die paläozoische Gruppe. Das mitteldeutsche Gebirgsland lässt Gesteine der mesozoischen und ältern Gruppen erkennen, aber diese verschwinden im norddeutschen Flachlande, und statt ihrer findet man hier nur zerstreute Reste der tertiären Formation, zwischen denen sich allenthalben quartäre Bildungen wie eine allgemeine Decke ausbreiten. Offenbar sind die alten, paläozoischen und mesozoischen Gebirgsglieder unter der jetzigen Oberfläche Norddeutschlands begraben, und in der That hat man sie durch Bohrlöcher an verschiedenen Orten und in ungleichen Tiefen erreicht. Nur an einzelnen Punkten treten diese alten Gesteine noch heute zu Tage, gewissermassen wie kleine Inseln, und auch die wirkliche Insel Helgoland besteht aus mesozoischen und noch ältern Gesteinen. An zahlreichen Punkten tritt das jüngste mesozoische Glied, die Kreide, zu Tage,

---

1) Astron. Nachr. No. 3616.
2) Astron. Nachr. No. 3649.
3) Astron. Nachr. No. 3635.
4) Stuttgart 1901.

und im Untergrunde findet sie sich fast überall in Norddeutschland. Man würde jedoch irren, wenn man annehmen wollte, dass die Schichten der mesozoischen Gesteine sich in mehr oder weniger horizontalen und ungestörten Lagen in der Tiefe befänden, im Gegenteile deutet alles darauf, dass sie sehr unregelmässige Oberflächenformen besitzen, dass die Schichten derselben gewaltigen Störungen unterlagen, und diese letztern wahrscheinlich gegen Ende der Kreideperiode eingetreten sind. Auch Erosion und Denudation spielten dabei natürlich eine Rolle. Diese alten Unebenheiten wurden dann später durch die Bildungen der Tertiärzeit wieder ausgeglichen, indem diese so mächtig sind, dass sie die alten Oberflächenverhältnisse völlig verwischten. Nach der Kreideperiode muss das norddeutsche Flachland zunächst trocken gelegen, d. h. keine Meeresüberflutung erlitten haben, weil eocäne Ablagerungen so gut wie völlig fehlen. Erst aus der Zeit des Oligocän finden sich mächtige marine Bildungen, aber miocäne Ablagerungen finden sich nur im nordwestlichen Teile, woraus man schliesst, dass damals nur diese Regionen noch vom Meere bedeckt waren. Am Schlusse der Miocänzeit fanden, nach Wahnschaffe, im norddeutschen Flachlande namhafte Krustenbewegungen statt, durch welche die oligocänen und miocänen Ablagerungen zum Teil zu Sätteln und Mulden zusammengeschoben wurden, während anderseits auch Zerreissungen eintraten, und Senkungen von Gebirgsteilen erfolgten. Ausserdem konnten während der ganzen Festlandsperiode der Pliocänzeit die Flüsse ihre einschneidende Thätigkeit in den lockern Tertiärablagerungen entfalten, wodurch zum Teil tiefe Thäler in vordiluvialer Zeit ausgefurcht und die Ablagerungen mehrfach ganz fortgeschwemmt wurden.

Als die Bildungen der Quartärzeit aufgeschüttet wurden, muss die norddeutsche Ebene vielfache Unregelmässigkeiten der Oberfläche besessen haben, denn die in verschiedenen Gebieten des norddeutschen Flachlandes ausgeführten Tiefbohrungen zeigen, dass die Unterkante des Diluviums in sehr verschiedener Meereshöhe liegt, und die beträchtliche Erhebung der Diluvialablagerungen über dem Meeresspiegel in vielen Fällen ganz unabhängig vom Untergrunde ist.

»Wenn man,« sagt Wahnschaffe, »die gesamten Ergebnisse der Tiefbohrungen zu den Punkten in Beziehung setzt, wo das ältere Gebirge zu Tage tritt, so ergiebt sich klar und deutlich, dass die Oberflächenformen des norddeutschen Flachlandes nur in grossen allgemeinen Zügen die Gestalt des ältern Untergrundes widerspiegeln, dass jedoch die Oberfläche im einzelnen von den Reliefformen des tiefern Untergrundes meist ganz unabhängig ist. Solange man die Bildungen des norddeutschen Flachlandes als durch Eisdrift in einem Meere abgelagertes Schuttmaterial auffasste, lag es sehr nahe, alle grössern Erhebungen als Abformungen des tiefern Untergrundes anzusehen. Von dieser Voraussetzung ausgehend, hatte man früher mehrfach die Vermutung ausgesprochen, dass der Höhenrücken des

Fläming einer Erhebung sehr alter Formationen entspräche, doch haben die vom Staate auf der Höhe ausgeführten Tiefbohrungen zwischen Wittenberg und Jüterbogk gezeigt, dass die Annahme eines festen Gebirgskernes grundlos sei. Eine dieser Bohrungen, bei Kropstedt nordöstlich von Wittenberg gelegen, wurde in 119.2 *m* über Normalnull angesetzt und traf unter 7.8 *m* Diluvium das Miocän, welches in 130.5 *m* Tiefe, also bei — 3.5 unter Normalnull noch nicht durchbohrt worden ist. Bei Grüna unweit Jüterbogk und bei Ottmannsdorf unweit Zahna wurde die märkische Braunkohlenformation unter sehr mächtigen Quartärbildungen (82 und 110 *m*) bei + 82.4 über und — 43 *m* unter Normalnull getroffen. Auch die neuern von Keilhack mitgeteilten Bohrungen bei Deetz unweit Nedlitz und Zieko N.-Coswig in Anhalt zeigten das feste anstehende Gebirge (Buntsandstein) erst in 175 und 211 *m* Tiefe unter der Oberfläche oder — 77.6 und — 136 *m* unter Normalnull. Es ist also durch die Resultate dieser Tiefbohrungen von neuem bestätigt worden, dass der Fläming über dem Meeresspiegel einen Kern von ältern als tertiären Schichten nicht besitzt. Nordsüdlich gelegte schematische Profile geben nach Keilhack etwa das Bild einer schiefen Ebene, deren höchste Punkte am Südrande, deren niedrigste am Nordrande des Fläming liegen, und über deren mittlern Teilen die Mächtigkeit der Quartärbildungen, die vorwiegend fluvioglazialer Natur sind und nur wenig Moränenbildungen aufweisen, am grössten ist.«

Während der Quartärzeit haben auch tektonische Schichtenstörungen, wahrscheinlich infolge Zusammenschrumpfung der äussern Erdrinde stattgefunden, doch scheinen dieselben nicht sehr bedeutend zu sein; die heutige Oberflächengestaltung Norddeutschlands ist im wesentlichen durch die lange Eisbedeckung desselben und den Rückzug des Eises geschaffen worden.

Im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts begann man zuerst darauf aufmerksam zu werden, dass in dem norddeutschen Flachlande zahlreiche und teilweise gewaltige Blöcke sich vorfinden, die offenbar aus fremden Gegenden stammen. Es sind die sogenannten erratischen Blöcke, und Hauptmann v. Arenswald sprach 1775 zuerst die Vermutung aus, dieselben möchten aus Schweden stammen und durch eine Flut von dort herüber gebracht worden sein. Im Jahre 1790 behauptet G. A. v. Winterfeld, die in Mecklenburg befindlichen erratischen Granitblöcke stammten aus Schweden und seien durch Treibeis von dort transportiert worden. Dagegen meinte ein so hervorragender Geognost wie Leopold v. Buch 1811, diese Blöcke könnten durch ungeheure Wasserwogen über die Ostsee nach Norddeutschland geschleudert worden sein: ein Beweis, wie sehr ein bedeutender Forscher irren kann. Lyell stellte dagegen 1835 die sogenannte Drifttheorie auf, der zufolge während einer gewissen Epoche der Quartärzeit ganz Deutschland bis zum Nordrande seines

Mittelgebirges vom Meere bedeckt war, in welchem Meere, von Skandinavien kommend, Eisberge schwammen, die die erratischen Blöcke und das sonstige erratische Material herüberbrachten. »Diese Lyellsche Drifttheorie,« sagt Wahnschaffe, »hat mehrere Jahrzehnte hindurch alle im norddeutschen Flachlande ausgeführten Forschungen beeinflusst, so dass die ganzen Diluvialbildungen, gleichgültig, ob dieselben aus Geschiebemergeln, Sanden oder Thonen bestanden, als durch den Treibeistransport vermittelte Absätze des Diluvialmeeres angesehen wurden. Die Auffassungen hatten schliesslich einen derartigen Grad von Starrheit angenommen, dass auf dieser Grundlage kein weiterer Fortschritt in der Erkenntnis der Entstehung der Quartärbildungen mehr möglich war.«

Mittlerweile hatte man in der Schweiz und in Skandinavien gründliche Gletscherstudien angestellt und war zu dem Ergebnisse gekommen, dass in einer gewissen Epoche der Quartärzeit die heutigen Gletscher eine weit grössere Ausdehnung besessen haben müssten, ja dass ganz Skandinavien voreinst vergletschert war, wie es Grönland heute noch ist. Der schwedische Geologe Otto Torell zog aus dieser Thatsache die Folgerung, dass die damaligen skandinavischen Gletscher unmöglich an der Ostsee Halt gemacht haben könnten, dass sie vielmehr nach Norddeutschland hinübergegriffen haben müssten. Die hier auftretenden Geschiebemergel, deren Herkunft nicht einwurfsfrei nachzuweisen war, sah Torell lediglich als Grundmoränen des von Skandinavien ausstrahlenden ungeheuren Gletschers an. Diese Vermutung wurde durch Auffindung von Glazialschrammen im Gesteine bei Rüdersdorf durch Torell im Jahre 1875 zur Gewissheit erhoben, und damit war der Sieg der Gletschertheorie über die Drifttheorie entschieden. Zwar blieben noch zahlreiche Einwürfe zurückzuweisen, unter denen am gewichtigsten der war, dass eine Gletschermasse nur auf einem entsprechend geneigten Boden sich fortbewegen könne. L. Agassiz hatte dem freilich schon laut widersprochen und behauptet, dass die Ausbreitung sogar bergaufwärts hin stattfinden könne, allein direkte Beweise dafür waren nicht so leicht zu bringen. Erst das genaue Studium der grönländischen Gletscher, die überhaupt nur zum Vergleiche herangezogen werden können, hat die Richtigkeit dieser Ansicht bestätigt. Nansen, der Durchquerer Grönlands, kam durch seine Beobachtungen zu der Überzeugung, dass es die Mächtigkeit der innern Gletschermasse oder der innern Schnee- und Eisreservoirs, von welchen die Gletscher ihr Material erhalten, ist, welche die Grösse und schnelle Bewegung der Gletscher hauptsächlich bedingt, und nicht die Schrägheit der Unterlage, so wie es von einigen Geologen und besonders solchen, welche nur die kleinen Gletscher der Alpen studiert haben, behauptet wird. »Im ganzen Innern Grönlands bemerkten wir nirgends auf der Oberfläche des Inlandeises das Geringste von Steinen (erratischen Blöcken) und

Moränenschlamm und ebensowenig in den Randzonen, ausgenommen an der letzten kleinen Abdachung an der Westküste, nur etwa 100 Ellen von dem alleräussersten Rande entfernt. Dies beweist, dass das grönländische Inlandeis keine Oberflächenmoräne trägt, lokale Mittel- und Randmoränen u. s. w. natürlich ausgenommen. Es stimmt dies vollkommen mit den früher gemachten Beobachtungen überein, widerspricht aber den Behauptungen einiger Geologen, dass die kontinentalen Inlandeise der grössern Eisperioden Europas und Amerikas grosse Obermoränen aus Kies und Steinen auf ihrem Rücken mit sich fortführten, in ähnlicher Weise, wie es die lokalen und verhältnismässig kleinen Gletscher der Alpen u. s. w. thun. Eine solche Behauptung, die durch einseitige Studien an lokalen Gletschern entstanden und jetzt auch grösstenteils wieder verlassen ist, bedarf kaum einer andern Widerlegung als des Hinweises auf das grönländische Inlandeis. Die Existenz solcher Obermoränen, ausser in den äussern Randzonen, stimmt auch nicht mit der ganzen Mechanik eines Inlandeises. Dass Nunatakken im Innern des europäischen Inlandeises existiert haben, von welchen z. B. die Moränenmassen Deutschlands herstammen könnten, ist schon an und für sich sehr unwahrscheinlich, wenn nicht unmöglich, denn wo sollten solche existiert haben? Sie müssten in den norwegischen Hochgebirgen gesucht werden, in Jotunheimen, Dovre u. s. w., wir können aber jetzt mit grosser Sicherheit sagen, dass alle diese hohen Gebirge auf der andern (nordwestlichen) Seite der Gletscher- oder Eisscheide lagen, so dass, falls da Nunatakken vorhanden waren, die davon gebildeten Obermoränen in das Atlantische Meer und nicht südwärts nach Deutschland hätten geführt werden müssen. Aber selbst wenn eine Obermoräne im Innern eines Inlandeises wirklich zur Bildung gelangte, könnte sie sich nicht lange an der Oberfläche erhalten. Infolge der Mechanik des Gletschers müssen sie nämlich während der Bewegung der Schnee- und Eismasse nach auswärts ganz allmählich zu Boden sinken, denn die ganze Schnee- und Eismasse ist ja, wie es auch die Schichtung zeigt, in einer stetigen Bewegung von der Oberfläche gegen den Boden und vom Binnenlande nach der Küste begriffen, indem sie oben immer neuen Zuwachs bekommt, während unten die Masse nach auswärts gedrückt wird, so dass, was einmal oben war, zuletzt unten liegen muss, wenn es nicht schon früher den Rand des Eises erreicht hat. Ist dieser Gegenstand ein Stein, der ein viel grösseres Eigengewicht besitzt als der Schnee, so wird er sich rascher nach dem Boden zu bewegen als der Schnee. Eine aufwärtssteigende Bewegung durch die ganze Eismasse, wie sie Dr. G. F. Wright für die erratischen Blöcke annimmt, kann nicht existieren, sie ist nicht physikalisch begründet, denn sie vernachlässigt alle jene Momente, welche wir soeben besprochen haben, und sie streitet gegen alle Erfahrung. Ich brauche nur auf das grönländische Inlandeis hin-

zuweisen, wo keine Obermoräne und überhaupt keine fremden Gegenstände im ganzen Innern auf der Oberfläche vorhanden sind wie ja auch die davon kommenden Eisberge ausserordentlich selten Steine einschliessen, was ganz gewöhnlich sein müsste, wenn die erratischen Blöcke, die von dem Boden losgerissen werden, sich immer aufwärts bewegen und bewirken würden, dass der Gletscher einem Plumpudding gleicht, gefüllt mit zerstreutem Kies und Steinen von oben bis unten und von einer Seite bis zur andern.« So Nansen.

Später hat E. v. Drygalski durch seine gründlichen Untersuchungen und Messungen das Wesen der Bewegung des Inlandeises völlig klargestellt.[1]) Auf Grund dieser Untersuchungen ist nicht weiter zweifelhaft, dass die gewaltige, vielleicht 4000 *m* mächtige Eismasse, welche über Skandinavien aufgehäuft war, sich über den Boden der flachen Becken der Nord- und Ostsee vorwärts schoben und deren Wassermassen verdrängten und vom Ozeane abschnitten.

Was die Bewegungsrichtung des Inlandeises anbelangt, so haben die umfassenden Untersuchungen von J. Petersen diesen zu folgenden Ergebnisse geführt: »Die Eismassen der Diluvialzeit bewegten sich von den höchsten Erhebungen der skandinavischen Halbinsel, von der Linie Jötunfjelde-Lappmarken, radial nach der Eisgrenze und bewegten sich dabei über den westlichen und mittlern Teilen des Flachlandes in Richtungen zwischen Nordost—Südwest und Nord—Süd, in den östlichen Teilen des Flachlandes in mehr nach Osten von der Nord-Südrichtung abweichenden Richtungen. Die einzelnen Teile des Nährgebietes sind nicht stets von gleicher Bedeutung gewesen, sondern die östlicher gelegenen Teile haben vorherrschend die Eisbewegung beeinflusst. Während der letzten Vereisung scheint nur der östliche Teil des Nährgebietes die Norddeutschland erreichenden Ströme gespeist zu haben. Die von den genannten Bewegungsrichtungen abweichenden Stromrichtungen sind von geringerer Ausdehnung und verdanken ihre Existenz teils veränderten Lagen der Vereisungsgrenze, teils dem Einflusse des Meeres, das Eismassen zum Kalben brachte und daher die Stromrichtungen abänderte.«

Damit im wesentlichen übereinstimmend kommt Wahnschaffe zu dem Resultate, dass die Hauptmasse der Geschiebe nach unserem Gebiete durch einen Eisstrom verbreitet worden ist, der sich von Nord nach Süd im Bottnischen Busen vorschob und von Nordwest her aus den schwedischen Landschaften Angermanland und Jemtland seitliche Zuflüsse erhielt. Er überschritt die Alandsinsel und breitete sich von dort, wie dies auch die Schrammen anzeigen, der grössern Erweiterung des Ostseebeckens entsprechend, radial nach Süden zu aus. Südlich von den Alandsinseln erhielt er Zuflüsse aus Dalarne und der östlichen Hälfte des weiter südlich gelegenen Schweden.

[1]) Siehe Gaea 1898. p. 417 u. ff.

Aus dem Vorkommen von Geschieben aus dem Basaltgebiete Schonens in Holland, Oldenburg und Mecklenburg und dem Fehlen derselben in Neuvorpommern und Rügen muss man unter Berücksichtigung der andern, in den westlichen Teilen Norddeutschlands hauptsächlich vorwaltenden Geschiebe den Schluss ziehen, dass das dieses Gebiet überflutende Inlandeis nach dem Überschreiten der Alandsinseln der schwedischen Küste bis etwa zur Nordspitze der Insel Öland folgte. Hier betrat der Eisstrom wiederum das schwedische Festland, und indem er allmählich aus der nordnordost-südsüdwestlichen in eine nordost-südwestliche Richtung überging, behielt er dieselbe von Schonen bis zum Unterrheine bei. Die Neuvorpommern und Rügen erreichende Partie des Inlandeises rückte von den Alandsinseln an im Ostseebecken gegen Südsüdwest vor und überschritt dabei den Kalmarsund, die Küste von Småland und die Inseln Öland, Gotland und Bornholm. Nach Cohen und Deecke finden sich in Neuvorpommern an bestimmbaren Leitgeschieben in grösserer Menge Rapakiwi und Granitporphyre von Angermanland, Diabase von Björneborg, Rapakiwi von Nystad, die ganze Gesteinsserie der Alandsinseln, die Granite von Upsala und Stockholm, die Hälleflinten, Granitporphyre und Granite der Småländer Küstenstriche, Gotländer und Öländer Silur, sowie fast alle wichtigern Vorkommen der Insel Bornholm. Dazu kommen ferner die anstehend unbekannten, aber sicher dem Ostseebecken entstammenden Ostseekalke, die Beyrichienkalke und die Ostsee-Quarzporphyre und -Syenitporphyre. Durch seitliche Zuflüsse des in der baltischen Rinne vorrückenden Haupteisstromes wird das vereinzelte Vorkommen der Geschiebe von dem jüngern Granit aus Dalarne, den Elfdalener Bredvadporphyren und dem Wiborger Rapakiwi erklärt. Nach Königsberg i. Pr. gelangte der Haupteisstrom von den Alandsinseln aus in nordsüdlicher Richtung. Innerhalb des norddeutschen Flachlandes breiteten sich die Inlandeismassen radial aus, denn nur so ist es zu verstehen, dass der Verbreitungsbezirk der Geschiebe nach Süden zu an Umfang zunimmt. Die ältern Schrammenrichtungen deuten ebenfalls die radiale Ausbreitung des Inlandeises an.« In Übereinstimmung mit diesen Thatsachen stehen nach Wahnschaffe auch die ältern Resultate der Geschiebeforschungen in der Mark Brandenburg, denn die Hauptmasse der hier vorkommenden Geschiebe müsse auf das östliche Schweden, die benachbarten Inseln und auf die jetzt von der Ostsee bedeckten Gebiete zurückgeführt werden.

Da während der Eiszeit ganz Skandinavien völlig von einem bis zu 4000 *m* mächtigen Eispanzer überdeckt war, so konnte auf der Oberfläche desselben ebensowenig Schutt vorhanden sein als auf der Oberfläche des heutigen grönländischen Eispanzers. Alles von dem Eise fortgeführte Schuttmaterial musste also in Gestalt von Grundmoränen ausgebreitet werden, wie es beim grönländischen Inlandeise noch heute der Fall ist. In der That ist der überall im nord-

deutschen Flachlande vorgefundene Geschiebemergel mit seinen zum Teil geschrammten Blöcken nichts anderes als die alte Grundmoräne des alten Riesengletschers und stimmt völlig mit den Bildungen zwischen dem Eise und den Felsoberflächen heutiger Gletscher überein. Indessen darf man sich nicht etwa vorstellen, der Schutt der Grundmoräne sei lediglich unter dem Eise fortgeschoben worden, denn die Beobachtungen in Grönland haben ergeben, dass die untern Lagen des Inlandeises reich an Schutt sind, der aus dem Untergrunde aufgenommen worden und mit forttransportiert wurde. »Steine und Kies in der Gletschermasse,« sagt Nansen, »stammen nach der gewöhnlichen Anschauung von irgend einer Obermoräne, sind in Spalten gefallen und sodann von der Eismasse eingeschlossen worden. Diese Erklärung kann unmöglich da Stich halten, wo es keine Obermoräne giebt; ich finde die wahrscheinliche Ursache in Unebenheiten des Untergrundes, über welche die Eisdecke hinwegschritt. Wenn eine solche Unebenheit in die Eismasse hineinragt, muss die Bewegung der untern Schichten gestört werden, indem das Eis teils nach den Seiten der Unebenheit, teils über dieselbe gepresst wird. Die Grundmoräne folgt natürlich denselben Richtungen; ein Teil derselben wird aufwärts über die Unebenheit geschoben und, sobald dieselbe passiert ist, in die Eismasse eingebettet, indem er nicht den Abhang auf der Leeseite der Unebenheit folgt, sondern eine mehr horizontale Richtung beibehält, da das an den Seiten der Unebenheit fliessende Eis sich an der Leeseite zum Teil unter dem den Gipfel übersteigenden Eise schliesst. In ganz ähnlicher Weise entsteht in einem Wasserstrome, wo Unebenheiten auf dem Boden vorkommen, eine aufwärts steigende Bewegung, die sogar eine Welle an der Oberfläche erzeugt. Wie im Wasser an solchen Stellen eine stärkere Strömung entsteht, so auch im Eise über und an den Seiten solcher Unebenheiten, denn nur dadurch kann eine Verminderung des Querschnittes der Masse ausgeglichen werden. Von den Unebenheiten selbst werden natürlich oft auch Blöcke losgerissen und in derselben Weise im Eise eingebettet. Da grosse wie kleine Unebenheiten unter der Eisdecke allgemein vorkommen müssen, so ist es nicht schwer zu verstehen, dass Kies und Steine in den untersten Schichten des Eises verbreitet sind, und man braucht gewiss nicht zu Hypothesen von einer aufwärts steigenden Bewegung der Blöcke selbst im Eise u. s. w. seine Zuflucht zu nehmen.«

Indessen muss man mit Heim und Wahnschaffe annehmen, dass die mächtigen Lager des Geschiebemergels nicht auf einmal vom Eise fortbewegt wurden, sondern nach und nach zur Ablagerung kamen. »Das vorrückende Inlandeis,« sagt Wahnschaffe, »schaffte immerfort neues Grundmoränenmaterial herbei; die zu unterst abgelagerten Massen gelangten schliesslich zur Ruhe, und es häufte sich nun nach und nach Material darüber an. Nur so lässt es sich erklären, dass dort, wo aus einer anstehenden Kuppe ältern Gesteins eine Lokalmoräne

gebildet wurde, die Bruchstücke dieses Gesteins in dem darüber lagernden Geschiebemergel fast vollständig fehlen können.«

Für die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes ist die zuletzt entstandene Grundmoräne, der oberste Geschiebemergel, natürlich am wichtigsten. Er findet sich, nach Wahnschaffe, in ausgedehnten Flächen »im östlichen Teile von Schleswig-Holstein, in Mecklenburg, Brandenburg, Pommern, Posen, sowie in Ost- und Westpreussen, scheint dagegen westlich der Elbe nur noch in der Altmark in grössern Partien erhalten zu sein. In der Form, wie er ursprünglich unter dem Eise gebildet wurde, tritt er nur ganz ausnahmsweise unmittelbar an die Oberfläche, da seine obere Decke in der Regel der Verwitterung bereits anheimgefallen ist. Zunächst ist er gewöhnlich von einer $^1/_2$—$1^1/_2$ *m* mächtigen, zapfenförmig in den Geschiebemergel eingreifenden, entkalkten Lehmschicht bedeckt, die sich erst, wie Berendt gezeigt hat, in postglazialer Zeit durch Kalkentziehung von seiten der kohlensäurehaltigen Atmosphärilien bildete. In den meisten Fällen ist diese Lehmschicht von lehmigem bis schwach lehmigem, geschiebeführendem Sande bedeckt, der zum Teil durch die ausschlämmende Thätigkeit der Atmosphärilien, zum Teil aber auch schon durch die Einwirkungen der Schmelzwasser des Inlandeises bei dem Rückzuge desselben entstanden sein mag. Die Oberfläche des obern Geschiebemergels ist demnach keine ursprüngliche mehr, namentlich ist dieselbe auch in den Gebieten, welche sich in langjähriger Kultur befinden, fast völlig von den grössern, an der Oberfläche liegenden, erratischen Blöcken befreit. In der nächsten Umgebung Berlins sind durch den grossen Bedarf an Feldsteinen in der Hauptstadt, durch Anlage von Chausseen, durch Pflasterung der Höfe in den Dörfern, sowie durch Verwendung bei Stallgebäuden, die Felder oberflächlich bereits völlig von allen grössern Steinen befreit worden. Begiebt man sich in solche Gebiete, die etwas weiter von den Eisenbahnen und Chausseen abliegen und zum Teil noch mit Wald bedeckt oder vor noch nicht allzulanger Zeit in Ackerland umgewandelt worden sind, so ist man oft erstaunt über den Reichtum an grössern Blöcken, der sich an der Oberfläche der aus Geschiebemergel bestehenden Gebiete findet.«

Wo der Geschiebemergel in ausgedehnten Flächen auftritt, zeigt sich häufig eine ebene, nur wenig gewellte Hochfläche, oft aber auch eine stark wellige, mit zahlreichen Einsenkungen versehene Fläche. Gebiete dieser letztern Art nennt Wahnschaffe Grundmoränenlandschaften. »Diese Gliederung des Terrains,« sagt er, »wird dadurch hervorgerufen, dass die fast ausschliesslich aus Geschiebemergel nebst seinen Verwitterungs- und Ausschlämmungsprodukten bestehende Oberfläche auf geringe Entfernungen einen raschen Wechsel der Höhenunterschiede aufweist. Zwischen den zahllosen, in ganz unregelmässiger, wirrer Anordnung hervortretenden wall- und kuppenartigen Anschwellungen des Terrains liegen eben-

soviele Einsenkungen, die eine kleinstückige, zerschnittene Gestalt der Oberfläche verursachen. Die Bodenwellen umschliessen unzählige kleine, meist mit Torf- oder Moorbildungen erfüllte, rundliche Pfuhle (Sölle) und zahlreiche grössere, mehr oder weniger unregelmässig gestaltete Moore und Seen. Diese Durchsetzung der Landschaft mit grössern und kleinern Moorflächen, Pfuhlen und Seebecken ist zuweilen, wie in einigen Gebieten Ost- und Westpreussens, sowie Hinterpommerns, eine so dichte, dass die Geschiebemergelhochfläche auf der Karte fast siebartig durchlöchert erscheint. Der typische Charakter der Grundmoränenlandschaft findet sich im norddeutschen Flachlande vorzugsweise im Gebiete des baltischen Höhenrückens, so dass sie im grossen und ganzen an diesen wie überhaupt an eine grössere Höhenlage gebunden erscheint.«

Diesem Landschaftstypus gehören die Drumlins an, langgestreckte rückenartige Hügel, die gesellig auftreten, oft in parallelen Reihen, und nur in Gebieten mit ehemaliger Vergletscherung gefunden werden. Im norddeutschen Flachlande hat Keilhack sie in der Provinz Posen und in Hinterpommern gefunden; nicht minder findet man sie aber auch am nördlichen Rande des Alpengebietes, in der Nähe des Bodensees. Ihre Höhe schwankt zwischen 5 und 15 *m*, und sie gehören unstreitig zu den subglazialen Gebilden, obgleich über die spezielle Art und Weise ihrer Entstehung die Ansichten noch auseinander gehen.

Was nun die Gestaltung des baltischen Höhenrückens anbelangt, so bringt sie Wahnschaffe mit dem Vorhandensein des Ostseebeckens in Beziehung. »Meine Ansicht,« sagt er, »ist, dass das Inlandeis beim Hindurchgehen durch eine grosse Bodeneinsenkung nach Überwindung derselben zur Anhäufung und Zusammenschiebung von Schuttmaterial an deren jenseitigem Rande veranlasst wird, wodurch derartige als Moränenlandschaft bekannte Oberflächenformen entstehen können. Erhebungen des ältern Gebirges haben ohne Zweifel teilweise den Kern für diese Ansammlungen diluvialer Massen abgegeben und den Verlauf der einzelnen Teile des Höhenrückens wahrscheinlich beeinflusst. Die Seenplatte selbst aber entstand infolge der Schwierigkeiten, welche das Ostseebecken der Ausbreitung des Inlandeises entgegenstellte. Die durch das vorhandene Gefäll vom skandinavischen Gebirgsmassive her verstärkte Bewegung der Eismassen reichte aus, um den mitgeschleppten Bodenschutt durch das Becken hindurch zu transportieren, musste jedoch bei der Ersteigung des jenseitigen Randes mehr und mehr nachlassen, bis dort, wo die grösste Verlangsamung der Eisbewegung eintrat, die stärkste Anhäufung von Glazialbildungen und zu gleicher Zeit die bedeutendste Zusammenschiebung derselben stattfand.« E. v. Drygalski stimmt diesen Ausführungen zu.

Aus den Beobachtungen an den heutigen Gletschern ergiebt sich, dass jeder vorrückende Gletscher Schuttmassen vor sich herschiebt, die man als Stirn- oder Endmoränen bezeichnet. Auch der unge-

heuere Eispanzer, der von Skandinavien aus nach Deutschland übergriff, muss solche Endmoränen erzeugt haben, und sie sind in der That vorhanden, wurden aber früher, ehe man etwas von der Eisbedeckung Norddeutschlands wusste, nicht als Endmoränen erkannt. Heute weiss man dagegen, dass lange Züge derselben sich vom Norden Schleswigs bis zur Lübecker Bucht, dann von dort bis zum Oderknie bei Oderberg und jenseits bis über Bütow im nordöstlichen Pommern verfolgen lassen. Rechts und links von der untern Oder treten sie sogar in mehrern Reihen hintereinander geordnet auf. Diese Moränen bezeichnen die Stillstandslagen des Inlandseises, also die äussersten Punkte, bis wohin die Vergletscherung vordrang, d. h. es sind Rückzugsmoränen. Wo mehrere dieser Schutt- und Trümmerwälle in grössern Abständen hintereinander auftreten, sind die nördlichsten die jüngsten, und jeder Moränenwall bezeichnet einen Umkehrpunkt in der Bewegung des Eises. Wenn also die uckermärkische Endmoräne zwischen Gerswalde, Fürstenwerder, Feldberg und Alt-Temmen in zwei konzentrischen Bogenzügen, die etwa 12 *km* voneinander entfernt sind, sich darstellt, so lehrt dies, dass das Inlandeis, nachdem es bis zur Linie der heutigen Orte Alt-Temmen-Feldberg gegen SW vorgedrungen war, sich später zurückzog, und zwar nordostwärts hinter die Linie Gerswalde-Fürstenwerder, dann aber wieder bis zu dieser Linie vorstiess, wodurch die zweite Stirnmoräne aufgetürmt wurde.

Eine besondere Klasse von Bildungen, die man zuerst in den ehemaligen Glazialgebieten Schwedens unterschied und als Åsar bezeichnete, sind lange, wallartige, aus Sand, Grand und Geröll bestehende Stücke, die durch ihre Schichtung und Abglättung des Gerölls ihren fluviatilen Ursprung verraten. Sie kommen auch in Norddeutschland vor und wurden von Geinitz in Mecklenburg als Wallberge beschrieben. Die nähere Art ihrer Entstehung ist noch nicht genau festgestellt, die meisten Ansichten vereinigen sich dahin, dass subglaziale Bodenströme, die in geschlossenen Kanälen unter dem Eise fortströmten, das im untern Teile des Eises eingeschlossene Moränenmaterial auf dem Boden ablagerten und beim Zurückschmelzen des Eises in wallartig angehäuften Ablagerungen zurückliessen.

Als die Eisperiode für Mitteleuropa ihren. Höhepunkt erreicht hatte, war in Deutschland alles Land bis zu den Abhängen des Mittelgebirges, d. h. bis zum 51.° nördl. Br. und ostwärts sogar noch tiefer gegen Süden völlig unter einer mächtigen Eisdecke begraben. In dem Masse, als das Eis abschmolz und nordwärts zurückwich, bildeten die Schmelzwasser, den natürlichen Gefällsverhältnissen entsprechend, Abläufe, die sich zu Thälern erweiterten, und diese bildeten die Uranlagen der heutigen Flussthäler, die sogenannten Urstromthäler. Diese Thäler bildeten sich, wie zuerst Berendt klar erkannte, von Süd nach Nord schreitend, und die Schmelzwasser

flossen in ihnen nach Richtungen hin ab, die im allgemeinen den Strömungsrichtungen unserer heutigen norddeutschen Flüsse entgegengesetzt waren. Im einzelnen waren die Verhältnisse sehr kompliziert, und die einzelnen Phasen in der Lage des Eisrandes und der Richtung der abströmenden Schmelzwasser lassen sich wohl nicht ohne hypothetische Annahmen feststellen. Im allgemeinen aber kann man annehmen, dass beim Rückzuge des Eises durch die Schmelzwasser grosse Sammelrinnen entstanden, dem Eisrande mehr oder weniger parallel, und diese Rinnen bildeten dann später die Thalwege der von Süden kommenden Ströme, die allmählich von Süden gegen Norden hin aus einem in das andere Thalsystem durchbrachen, bis sie das Meer erreichten.

Die Gebiete ehemaliger Vergletscherung sind fast immer durch grossen Reichtum an Seen ausgezeichnet, so auch das norddeutsche Flachland im Gebiete des baltischen Höhenrückens, während dieselben westlich von der Elbe fast fehlen. Die Frage nach der Bildung dieser Seen konnte in befriedigender Weise erst beantwortet werden, nachdem man die frühere Eisbedeckung dieses Gebietes erkannt hatte. Wahnschaffe unterscheidet im norddeutschen Flachlande ihrer Entstehung nach folgende Seentypen, die entweder an einem See allein oder auch in Kombination auftreten können:

1. Grundmoränenseen, die Vertiefungen der koupierten Grundmoränenlandschaft einnehmend;

2. Stauseen, durch die Endmoränen angestaut;

3. Rinnenseen, zum Teil subglazial, zum Teil extraglazial durch strömendes Wasser entstanden;

4. Ausstrudelungsseen (Evorsionsseen) durch vertikal oder schräg wirkende Gletscherschmelzwasser ausgekolkt;

5. Faltenseen, durch Wasseransammlungen innerhalb glazialer faltenartiger Aufstauchungen entstanden;

6. Eiserosionsseen, durch unmittelbare Glazialerosion gebildet:

7. Einsturzseen, auf Auslaugung des ältern Untergrundes zurückzuführen, in Sandgebieten vielleicht auch durch Schmelzen von fluvioglazial verschüttet gewesenen Inlandeisresten entstanden.

Der grösste See des norddeutschen Flachlandes ist die Müritz, $3^3/_4$ Meilen lang, $1^3/_4$ Meilen in grösster Breite.

Was den Vorgang der Eisbedeckung Norddeutschlands anbelangt, so glaubte Torell, dass es sich nur um eine einmalige Eisperiode handle, während Helland 1879 aus der Lagerung und Beschaffenheit der Glazialablagerungen zwei Gletscherzeiten anzunehmen für nötig erachtete, Penck dagegen eine dreimalige Vergletscherung behauptet. »Die Annahme,« sagt Wahnschaffe, »von zwei längern Interglazialperioden für Norddeutschland, die gegenwärtig von der Mehrzahl der deutschen Glazialisten, sowie auch vom Verf. geteilt wird, beruht in erster Linie auf dem Nachweise von Resten einer Fauna und Flora gemässigten Charakters in geschichteten Bildungen zwischen zwei

Grundmoränen, woraus ein vollständiges Zurückschmelzen des Inlandeises während eines mildern Klimas und ein darauf folgendes erneutes Vorrücken gefolgert werden kann.«

Nach James Geikie wären für Norddeutschland vier Vereisungen anzunehmen, doch beruhen diese Schlüsse nur auf vereinzelten Beobachtungsthatsachen, die an und für sich schon mehrfacher Deutung fähig sind. Es ist aber nicht zulässig, auf solche Thatsachen Schlüsse von so weittragenden Folgen zu gründen. Wahnschaffe nimmt nur drei Vereisungen an, die durch zwei Interglazialzeiten mit gemässigtem Klima voneinander getrennt waren. Indessen lässt sich nach seiner Meinung zunächst nicht genau bestimmen, welche Ausdehnung die drei Vereisungen besessen haben, »aber es ist möglich, dass analog der Alpenvergletscherung die erste Vereisung die geringste, die zweite die grösste Ausdehnung besass, während die letzte den Umfang der zweiten nicht ganz erreichte. Aus der geringern Mächtigkeit des obern Geschiebemergels ist schon frühzeitig geschlossen worden, dass das Inlandeis der letzten Vereisung nicht die Mächtigkeit und Ausdehnung besessen habe, wie dasjenige der Hauptvereisung.

Spuren vom Dasein des Menschen haben sich nur in der jüngsten Interglazialzeit an drei Punkten des norddeutschen Flachlandes gezeigt, und auch diese sind noch nicht über allen Zweifel sicher.

Seit dem Verschwinden des Eises, also während einer Zeit von mindestens 6000 Jahren, haben sich die durch dasselbe verursachten Formen der Oberfläche in Norddeutschland nur wenig verändert. Diese Änderungen bestehen hauptsächlich in der stellenweisen Verlegung des Stromlaufes der Flüsse, im tiefen Einschneiden vieler Wasserläufe in den Thalboden, im Vermooren kleiner Seen, in Anschwemmungen und Aufschüttungen von Dünensand, als auch in Zerstörungen der Küsten.

Die östliche Hälfte der Adamellogruppe ist von Prof. Dr. W. Salomon untersucht worden.[1]) Er stellt fest, dass die nördliche Grenze des gewöhnlich unter dem Namen »Presanellagebirge« bekannten Thales der Adamellogruppe von einer kolossalen, schon früher von ihm auf grosse Strecken verfolgten Dislokation der Zonalverwerfung gebildet wird, und führt die Entstehung des untern Veltlins, des Apricathales, der obern Val Camonica und der Val di Sole, als eines einzigen riesigen Zuges von Längsbruchthälern auf diese Verwerfung zurück. In einer zweiten Mitteilung zeigt er, dass die sogenannten Sabbione-Granite Judicariens jünger sind als die Rendenaschiefer, diese durchbrochen und verändert haben. Er teilt eine Reihe von Beobachtungen über die Entstehung der in den Rendenaschiefern auftretenden Erzlagerstätten mit und zeigt, dass in der Gegend des jetzigen Rendenathales eine Insel im permisch-

---

[1]) Sitzber. d. Kgl. preuss. Akad. 1901. 8 u. 31.

triadischen Meere existierte. Er weist endlich nach, dass die unterirdischen Schmelzflüsse, aus denen der das Adamellogebirge wesentlich zusammensetzende Tonalit entstanden ist, ein Minimalgewicht von 4860 Milliarden Tonnen besessen haben und um wenigstens 5250 *m* bei ihrer Intrusion gehoben worden sein müssen.

Am Schusse seiner Abhandlungen behandelt Prof. Salomon die Frage, ob die Intrusion so gewaltiger Tiefengesteinsmassen wie z. B. des Tonalits der Adamellogruppe und der übrigen alpinen zentralmassivischen Tiefengesteine nicht doch, wie man in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts annahm, einen beträchtlichen Anteil an der Gebirgsbildung hat, ja haben musste. »Man hat«, sagt er, »diese Anschauung jetzt lange Zeit hindurch als vollständig unbegründet angesehen, obwohl doch schon die kuppelförmige Auftreibung der Schichtsysteme über den nordamerikanischen Lakkolithen zeigt, dass eine Hebung von Sedimentschichten durch intrusive Gesteinsmassen wirklich vorkommt und beträchtlichen Umfang erreichen kann«. Dieser Frage tritt Prof. Salomon auf eine neue Weise näher, mit folgender Berechnung.

»Der Tonalit war zweifellos zur Zeit seiner Intrusion von einer Kruste von Sedimenten bedeckt. In der südlichen Hälfte des Adamellomassivs lagen und liegen noch heute an einigen Stellen auf ihm Schichten der mittlern und obern Trias. Die Schichtsysteme, die an ihn herantreten, spalten sich in der Nähe des Kontaktes. Ein Teil sinkt trichterförmig unter ihn ein, der obere Teil dagegen breitete sich als ein gewölbtes Dach über ihm aus. In der nördlichen Hälfte muss diese bedeckende Kruste aus dem gesamten Perm-Triassysteme bestanden haben, ganz abgesehen davon, ob nicht über der Trias noch Jura, Kreide und ein Teil des Eocän, unter dem Perm krystalline Schiefer vorhanden waren oder nicht. Nun sind auf den höchsten Gipfeln des Massivs, dem Adamello und der Presanella, keinerlei Reste der alten Sedimentdecke mehr vorhanden, obwohl sie die beträchtlichen Höhen von 3554 und 3564 *m* erreichen. Es muss also die Kontaktfläche der Sedimente höher als die jetzigen Gipfel gelegen haben, wenigstens etwa in 4000 *m* Höhe.« Prof. Salomon hält als Minimum für die Höhe der untern Fläche des Muschelkalkes über dem Adamello die Zahl von 4350 *m*. Dieselbe Fläche befindet sich neben dem Tonalitmassive an dem Elto in etwa 2150 *m* Höhe. Die Höhendifferenz zwischen der untern Grenzfläche des Muschelkalkes auf dem Elto und über dem Adamello beträgt also etwa 2200 *m*. Suchen wir nun nach einem Grunde für die höhere Lage derselben Schicht über dem Tonalitmassive im Verhältnisse zu ihrer Lage neben dem Massive, so wird wohl niemand den so oft für die grosse Höhe der Zentralmassive verantwortlich gemachten grossen Erosionswiderstand der granitischen Gesteine nennen wollen, und es scheint kein anderer Grund möglich zu sein als der, dass die Intrusion des Tiefengesteines die Sedimente emporhob und zum Gebirge aufwölbte. Gegen diese Annahme wurde aber lange Zeit hindurch angeführt, dass man keine Kraft kenne, die eine derartige Hebung zu leisten im stande sei. Und in der That war die hebende Kraft der Eruptivmassen, wie man sie in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts voraussetzte, ein durchaus unklarer, beinahe mystischer Begriff. Prof. Salomon sagt nun, dass bei der Intrusion solcher Tiefengesteinsmassen in der That enorme hebende Kräfte thätig sein müssen, und führt zu diesem Behufe folgende weitere Berechnung aus: »Nach einer rohen Messung, beträgt die vom Tonalit der Adamellogruppe eingenommene Horizontalfläche zwischen 600 und 700 *qkm*. Der höchste aus Tonalit bestehende Gipfel, die Presanella, hat eine Höhe von 3564 *m*; der niedrigste Aufschluss von Tonalit dürfte in ungefähr 785 *m* Höhe liegen, die Höhendifferenz beträgt also in der Presanellagruppe 2779 *m*. Nun fallen aber die Tonalitgrenzflächen fast überall steil ab so dass

Tonalit jedenfalls noch in beträchtlichen Tiefen unter den tiefsten Aufschlüssen zu erwarten ist. Ich bleibe daher, wenn ich die vertikale Mächtigkeit seiner Masse überall auf 3000 *m* ansetze, sicher weit hinter dem wirklichen Mittelwerte zurück. Gehen wir aber dennoch von diesem Minimalwerte aus, so ergiebt sich das Volum der Tonalitmasse zu im Minimum 1800 *ckm*. Rechnen wir das spezifische Gewicht des Tonalits rund = 2.7, so ergiebt sich als Gesamtgewicht der Tonalitmasse der Adamellogruppe die Zahl von 4860 Milliarden Tonnen, die übrigens wahrscheinlich um ihren mehrfachen Betrag zu klein ist. — Diese Tonalitmasse lag nun vor ihrer »mise en place« in einem viel tiefern Niveau der festen Erdkruste, bez. unter dieser, und stieg bei der Intrusion bis in das Niveau des Esinokalkes hinauf. Wir haben keinen Anhaltspunkt dafür, wie tief sie ursprünglich lag. Jedenfalls muss sie weit über 2.5 *km* unter den tiefsten jetzt in ihrer Nachbarschaft aufgeschlossenen und eine Kontaktmetamorphose aufweisenden krystallinen Schiefern gelegen haben. Denn deren Kontaktmetamorphose ist bestimmt erst bei der Intrusion entstanden, und die ersten Zeichen der Metamorphose sind in den krystallinen Schiefern häufig in 2.5 *km* Entfernung von der Kontaktfläche wahrnehmbar. Nehmen wir als Minimalzahl für die Tiefe des Tonalitmagmas unter den jetzt tiefsten Aufschlüssen kontaktmetamorpher krystalliner Schiefer 3 *km* an, so müssen wir zu dieser Zahl jetzt noch die gesamte Mächtigkeit der über diesen Aufschlüssen vorhandenen, vom Tonalit durchbrochenen Sedimente rechnen. Die tiefsten Aufschlüsse kontaktmetamorpher krystalliner Schiefer in der Adamellogruppe finden sich am Ausgange der Val Gallinera bei Rino in der Val Camonica. Sie bestehen aus Edoloschiefern (Quarzlagen-Phylliten), die von einer Apophyse des Tonalits durchbrochen sind. Ihre Höhenlage beträgt nur 800 *m* über dem Meere. Darüber aber steigen die krystallinen Schiefer an den Hängen des Monte Aviolo noch bis zu Höhen von 2350 *m* an. Wir dürfen die Höhendifferenz als vertikale Dicke des von ihnen bei der Intrusion des Tonalits zusammengesetzten und von diesem durchbrochenen Teiles der Erdkruste rechnen, wobei die Zahl von 1550 *m* sicher wesentlich hinter der wirklichen zurückbleibt. Über den krystallinen Schiefern lagen zur Zeit der Intrusion wohl in flacher Lagerung das Perm (wenigstens 200 *m*), Servino und Zellendolomit (wenigstens 150 *m*), der Muschelkalk, die Buchensteiner und Wengener Schichten, sowie der noch vom Tonalit durchbrochene Teil des Esinokalkes (zusammen wenigstens 350 *m*), wobei wir natürlich von den nicht mehr durchbrochenen Sedimenten absehen. Die Gesamtsumme der einzelnen Beträge (3000, 1550, 200, 150, 350 *m*) ist 5250 *m*. Um wenigstens 5250 *m* ist also die im Minimum 4860 Milliarden Tonnen schwere Tonalit-Magmamasse bei ihrer Intrusion emporgehoben worden. Das ist eine Thatsache, keine Hypothese! Es muss also in der That eine enorme Kraft die Tiefengesteinsmagmen in die Höhe pressen, eine Kraft, von der man sich nur dann eine richtige Vorstellung machen wird, wenn man berücksichtigt, dass die hier angegebenen Minimalzahlen aller Wahrscheinlichkeit nach die eine noch nicht den vierten, die andere noch nicht den zwölften Teil der wirklichen Beträge erreichen. Ich halte es nach dem Gesagten nicht für wunderbar, wenn dieselbe Kraft, welche so gewaltige Magmamassen um solche Beträge in die Höhe zu pressen vermag, auch die über den Magmamassen liegen bleibenden Sedimente um einige Tausende von Metern in die Höhe hebt, zu Gebirgen aufwölbt. Ja, ich würde es geradezu unbegreiflich finden, wenn dieser von unten nach oben mit solcher Energie wirkende Druck gerade an der untern Schichtfläche der ersten nicht mehr von dem Magma durchbrochenen Schicht haltmachen würde.

Fragen wir nun zum Schlusse nach der Ursache der Hebung des Magmas und der Sedimente, so erscheint es hier von vorn herein ausgeschlossen, sie in der Expansionskraft der im Magma enthaltenen Gase

suchen zu wollen. Sie kann ihren Grund, wie Brögger, Salomon und andere schon früher ausgeführt haben, nur in dem hydrostatischen Drucke besitzen, den das Einsinken benachbarter, wesentlich grösserer Teile der festen Erdkruste in den darunter befindlichen flüssigen Magmamassen hervorruft. Dieser Druck zwingt sie, in der Richtung des geringsten Widerstandes auszuweichen. — Das einsinkende Gebiet war, wie ich schon früher einmal zeigte, in unserem Falle das weite periadriatische Senkungsfeld.«

Das französische Zentralmassiv. Mit diesem Namen (französisch: Massif Central) bezeichnet man geographisch das Gebirgsland im Herzen von Frankreich, welches ostwärts steil zur Rhone abfällt und westlich, sowie nordwestwärts sich allmählicher absenkt. Es ist ein vielfach zerschnittenes und zerrissenes Hochland, dessen mittlere Teile als die vulkanische Auvergne bekannt sind. Dr. M. Friedrichsen hat in der geographischen Gesellschaft zu Berlin eine geographisch-geologische Schilderung desselben gegeben, aus der folgendes hervorgehoben wird.[1])

Das Zentralmassiv ist jenes grosse Dreieck aus uralten Graniten, Gneisen und Schiefern, dessen Basis die Linie des Rhone-Abbruches bezeichnet, und dessen Spitze, gegen die Bretagne gekehrt, zwischen Tours und Poitiers liegt. Dieser alten Erdrindenmasse krystallinischer Gesteine fehlt heute eine vorherrschende Erhebungsrichtung ihrer einzelnen Gebirgsteile. Dagegen hat die geologische Forschungsarbeit eine solche für die Steinkohlenzeit in ausgeprägtester Weise nachgewiesen. Damals trafen sich hier im Herzen Frankreichs zwei gewaltige alpenhohe Kettengebirge, deren Reste wir in der Nachbarschaft des Zentralmassivs in den Vogesen, dem Schwarzwalde, dem Harze, dem Erzgebirge und den Sudeten auf der einen und der Bretagne auf der andern Seite wiedererkennen, von deren mehrere tausend Meter betragenden Höhen wir aber heute nichts mehr erblicken. Vielmehr senkt sich heute das krystallinische Grundgerüst des Zentralmassivs von dem hohen Steilrande der Cevennen in nur 700—800 *m* mittlerer Höhe langsam gegen Westen in Form einer sogenannten Abrasionsfläche, welche das in dem geologischen Mittelalter unserer Erde gegen die damaligen alpenhohen Gebirge vordringende Meer durch die Gewalt seiner brandenden Wogen schuf. Diese Abhobelung durch das Meer ist denn auch eine der Hauptursachen für den augenblicklichen Oberflächencharakter grosser Teile des Zentralmassivs und reiht es ein in die Gruppe der Rumpfgebirge.

Dieser von der Meeresbrandung stehengelassene alte Gebirgssockel hat im Laufe der Jugendgeschichte unserer Erde gleichzeitig mit der jüngsten Faltung der Alpen diejenigen grossen Veränderungen durchgemacht, welche als fernere Hauptursachen seiner heutigen Gestalt zu betrachten sind. Vor allem wurde er von grossen Bruchsystemen durchsetzt, welche im NO, O und S die heute noch vor-

[1]) Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1900. p. 514.

handenen Grenzen gegen die Umgebung bestimmen, im Süden das Niederbrechen der Jura-Kalkplatten der sogenannten Causses (vom lat. calx = Kalk) veranlassten, und vor allem im Norden des Massivs den Austritt jener gewaltigen Massen jungvulkanischer Steine bedingten, deren Eruption weiten Teilen des Zentralmassivs seinen eigenartigen und fesselnden Charakter verleiht.

Unter dem alten historischen Landschaftsnamen »Auvergne« sind die vulkanischen Gebietsteile des Massivs auch weitern Kreisen bekannt. Durch Leopold v. Buchs und Poulet Scropes grundlegende Untersuchungen im Anfange unseres Jahrkunderts erlangten sie geradezu klassischen Ruf und wurden für die moderne vulkanologische Forschung von ähnlicher Bedeutung wie die thätigen Vulkanriesen Italiens. Geologisch am jüngsten, daher äusserlich am besten erhalten, erscheint unter den Vulkangruppen der Auvergne die Kette der Puys im Norden des Massivs. Auf einer etwa 30 *km* langen und 5 *km* breiten Zone erheben sich hier nicht weniger als 50 bis 60 vulkanische Berge, deren räumliche Aufreihung ihren innern Grund in der Ausbildung zweier sich schneidender Bruchsysteme hat, deren wichtigeres jener nord-südlichen Bruchlinie parallel läuft, welche wir in der unmittelbaren östlichen Nachbarschaft dieser Berge für das Absinken der mit dem Namen »Limagne« belegten fruchtbaren »Tertiär«-Niederung des Allier um den bekannten französischen Badeort Clermont verantwortlich machen müssen. Die Mehrzahl derselben sind Aufschüttungskegel, deren steilwandige Kegel aus lockerem, vulkanischem Schutte bestehen, welcher sich um eine in den meisten Fällen noch prächtig erhaltene runde Krateröffnung anhäuft. Ihnen stehen einige wenige Vulkanberge gegenüber, deren Baumaterial teils ausschliesslich, teils vorwiegend aus einer trachytischen, vor allem aber petrographisch widerstandsfähigern Lava besteht, welche von ihrer Umgebung abweichende und höhere Bergformen schafft. Unter diesen ragt der höchste Berg der Kette der Puys, der Puy de Dome (1468 *m*) durch seine Höhe, der Sarcouy durch seine merkwürdige, viel umstrittene, auf Überquellen zäher Lavamassen über einen Vulkanschlot zurückführbare Kuppelform hervor.

Gegenüber diesen zu einer langen Kette geordneten vulkanischen Einzelbergen jugendlichsten geologischen Alters haben die zwei südlich der Puys gelegenen grossen Vulkanberge der Mt. Dore und Cantal ganz andern Einfluss auf die heutige Oberflächengestaltung grosser Teile des Zentralmassivs ausgeübt infolge weit gewaltigerer vulkanischer Eruptionsmassen, sowie eines höhern geologischen Alters und einer damit verbundenen tiefgreifendern Umgestaltung ihrer ursprünglichen Form durch die mannigfachsten Agenzien der Verwitterung. Trotz vieler Unterschiede im einzelnen ähneln sich beide Vulkane in ihren grossen Grundzügen. Beide erhoben sich einst über der altkrystallinen Grundmasse des Zentralmassivs zu weit bedeutendern Höhen als heute. Der Mt. Dore, welcher augenblicklich

im Sancy mit 1886 *m* gipfelt, dürfte 2000—3000 *m* erreicht haben. und der Cantal, dessen heutiger Gipfelpunkt nur 1858 *m* erreicht, wird von den französischen Forschern auf 3000—4000 *m* rekonstruiert. Eine radiale nach allen Himmelsrichtungen divergierende Thalanlage kommt beiden Bergen zu. An der intensiven Ausarbeitung dieser Thäler hat vor allem eine nachweislich zweimal eingetretene Vergletscherung, sowie die leichte Angreifbarkeit des lockern Andesit-Konglomerats des Vulkaninnern hervorragenden Anteil. Die Spuren dieser tiefgreifenden Zerstörung in ihrer mannigfachen Form sind es denn auch, welche das Studium beider Vulkane durch Einblick in ihren innersten Aufbau so lehrreich und durch Auflösung der ursprünglich abwechselungsarmen Kegelform des Vulkans in landschaftlich reizvolle Berg- und Thallandschaften so anziehend erscheinen lassen.

Diametral verschieden von diesen vulkanischen Landschaften sind die sogenannten »Causses«, d. h. die im Süden des Zentralmassivs an grossen Bruchsystemen niedergesunkenen und dadurch von späterer Abtragung durch die Atmosphärilien bewahrt gebliebenen Sedimente der abradierend vorgedrungenen mesozoischen Meere. Infolge ihres Aufbaues aus fast horizontalen Schichten von Dolomit, Kalkstein und Mergel verschiedenen geologischen Alters, trägt die Oberflächengestaltung der Causses vorwiegend Hochflächencharakter, deren Ausarbeitung im einzelnen als ein Werk der Erosion der Flüsse und der mannigfachen Agenzien der Verwitterung zu betrachten ist. Zwar trafen diese zerstörenden Kräfte hier auf Gebilde, welche zunächst durch die wenig gestörte Tafellagerung der Schichten und das völlige Fehlen jeder dem Wasser natürliche Wege vorzeichnenden Schichtentfaltung geringe Angriffspunkte boten, welche aber vor allem in der leichtlöslichen Natur ihres kalkigen Gesteinsmateriales die Keime der Zerstörung in sich selbst trugen. So kommt es denn, dass wir hier in den Causses die Tafelschollen zerrissen finden von den unvermutet grossartigen, an die amerikanischen Cañons de Colorado erinnernden, oberirdischen Flussläufen des Lot, des Tarn, der Jonte etc. und im Innern zernagt sehen durch unterirdische Wasserzirkulation in Gestalt weiter Höhlen, Einsturztrichter und unterirdischer Flusssysteme. Alles in allem, liegt in den Causses eine typische Karstlandschaft in allen ihren kleinen und kleinsten Eigentümlichkeiten vor dem Beschauer, wie man sie ähnlich grossartig nur in Dalmatien und Istrien, dem weltbekannten Gebiete der Adelsberger Grotte, wiederfindet.

Die Dünen der französischen Nordküste. In Fortsetzung seiner frühern Studie über die Dünen der Gascogne [1]) schildert [2]) Dr. Richard Le Mang die entsprechenden Gebilde der nordfranzösischen

---

[1]) Dieses Jahrbuch 11. p. 125.
[2]) Deutsche geogr. Blätter. Bremen 1901. p. 15 ff.

Küste. Zunächst bespricht er die Dünen von der Grenze bis nach Sangatte bei Calais. Diese sind eigentlich nur die Ausläufer jenes mächtigen Gürtels, der sich um Hollands und Belgiens Küsten gelegt hat. Das Land ist hier sehr flach; es ist das Gebiet der Wateringues, die durch Dämme und Einpolderung dem Meere zum Teil abgerungen sind. Die Höhe der Dünen nimmt von Ost nach West zu ab, ebenso ihre Breite.

Die Dünen bestehen hauptsächlich aus kleinen weissen Quarzperlen, ausserdem finden sich noch in geringer Menge Kiesel, roter und braungelber Granatsand, Grünsand und Muschelkalk.

Da man hier immer mehr Land einzupoldern sucht, vor allem auch die jetzige Küstenlinie durch Dämme schützt, so sind die Dünen zum grössten Teile in einem Zustande der Ruhe, der höchstens vom Menschen selbst gestört wird. Durch die Dämme ist ihnen die Zufuhr vom Meere aus abgeschnitten, sie haben sich mit einer dünnen Grasnarbe überzogen und werden als spärliche Weide benutzt.

So liegen die Dünen bei Fort Mardick, westlich von Dünkirchen hinter zwei Diques (Deichen) ein bis zwei Kilometer vom Meere entfernt. Sie sind niedrig und festliegend. Das ändert sich in der Nähe der Pointe de Gravelines, wo die Küste eine südsüdwestliche Richtung annimmt. Hier finden wir die Dünen unmittelbar am Strande bis zu vierfachen Reihen hintereinander und zu doppelter Höhe angewachsen. Hier lässt sich an den Dünen sehr gut die alte Küstenlinie verfolgen. In der Richtung, welche das Ufer bei der Pointe angenommen hat, gehen Dünen bis nach Gravelines weiter, während $2^1/_2$ *km* von der Pointe ab westlich ein Damm (Dique) einsetzt, der in westsüdwestlicher Richtung nach dem Hafen von Gravelines, Fort Philippe, führt. Diese Dünen sind vom Meere durch ein 2—3 *km* breites Vorland, meist Polder, getrennt.

Die Dünen zwischen Fort Philippe und Calais sind von 50 *m* bis 2 *km* breit. Vor den Dünen breitet sich ein äusserst flacher Strand aus, der bei Ebbe eine weite Sandebene bildet.

Von Calais bis Sangatte werden die Dünen immer schmäler und niedriger. Je mehr man sich Sangatte nähert, umsomehr verschwindet der Sand am Strande, um Kalksteinklinkern Platz zu machen, die bei Sangatte selbst das Ufer dicht bedecken.

Das Abnehmen der Dünen nach Sangatte zu zeigt, dass sie entstehen durch den Sand, den das Meer von dem unterseeischen Plateau durch die Strasse von Calais herbeibringt.

Über die Zeit ihrer Entstehung, über ihr Vorrücken und ihre Verheerungen ist so gut wie nichts überliefert. Der Name der Stadt Dünkirchen, die 960 v. Chr. gegründet sein soll, sagt uns, dass es schon damals in dieser Gegend viele Dünen gegeben hat.

An der Steilküste von Kap Blanc Nez bis Equihem bei Boulogne treten Dünen nur in den tief eingesenkten Thälern auf. Die ersten finden sich bei Wissant, wo sie sich bis zum Fusse vom Kap Griz

Nez erstrecken. Am Strande selbst sind sie niedrig, da sie bei Sturmfluten den Wogen zu sehr ausgesetzt sind. Zwischen Strouanne aber und Wissant, wo sie bis einen Kilometer weit ins Innere vorgedrungen sind, haben sie auch den Abhang des Gebirges erstiegen und erscheinen so bei einer eigenen Höhe von 10—20 m als mächtige Hügel. Ihre Richtung ist am Ufer der Küste parallel nordöstlich, diese herrscht auch im Innern, obwohl man hier auch alle möglichen andern antrifft. Der vorherrschende Wind ist hier der West, weil der Südwest durch Kap Griz Nez und die Steilküste, die von da unmittelbar nach Süden umbiegt, aufgehalten und abgelenkt wird. Seine Stärke zeigt das Hinaufsteigen der grossen Dünen an den Bergabhang. Sie bestehen aus Quarz mit Beimischung von Muschelkalk und am Ufer mit kleinen Stückchen von Kalksteinklinkern. Während letztere Bestandteile von der Küste selbst stammen, rührt der Sand vom Meere her. Die Stranddünen sind lose und nur mit Sandhafer bewachsen, die weiter im Lande befindlichen liegen schon seit Jahrhunderten fest und sind teilweise mit Wald bestanden.

Hinter Equihem tritt das Hügelland zurück so dass eine mehrere Kilometer breite Flachküste entsteht. Sofort setzen hier Dünen ein, die weit ins Innere vorgedrungen sind. Die Richtung der Dünen ist hier verschieden. Sie ist gleichsam das Mittel zwischen der südlich gerichteten Küstenlinie und dem herrschenden Südwest. Die Sandzufuhr durch die Strömung ist sehr lebhaft und wird gefördert durch die ausserordentlich breite Überflutungszone des Strandes. Das Material ist auch hier Quarz, in dem sich bis 5 % Muschelkalk findet. Die Höhe ist sehr wechselnd, doch sind die entferntern Dünen, die ungefähr in der Mitte, die höchsten, am Ufer verhindert eine gutgepflegte Stranddüne ein weiteres Anwachsen. Früher ging das Land weiter hinaus, wie Baumstämme zeigen, die im Meere gefunden wurden. Auch liegt unter den Dünen eine dunkele Schicht, dem Alios der Landes gleich, ein Beweis, dass hier einst eine andere Pflanzenwelt auf einem andern Boden war. Auch jetzt ist das Meer dabei, die Küste zurückzuschieben. Die schweren Herbst- und Winterstürme reissen grosse Stücke weg und greifen vor allem die Dünenfüsse an. An einem solchen angeschnittenen Ufer kann man diese Alioschicht öfters sehen. Geht man von Equihem ans Meer herab, so trifft man sofort Dünen, die hier bis 3 *km* breit sind. Sie sind bis dicht an den Fuss der Berge herangekommen, so dass eine kleine Schlucht entstanden ist, in der sich einige Feuchtigkeit angesammelt hat. Diese hat einen Teil des Sandes gleichsam festgemacht, und es herrscht eine scharfe Trennung zwischen dem festen und dem losen Sande. Die grössten Dünen finden sich nördlich von Dannes, wo die höchste, der Mont de Frieux, 158 *m* Höhe erreicht. Sie ist damit die höchste Düne Frankreichs und wohl auch Europas. In ihrer Nähe befinden sich einige von

ähnlicher Mächtigkeit, wie z. B. der Mont de Chemin mit 140 *m* Höhe. Sie sind fast 2 *km* vom Meere entfernt.

Früher war dieses Dünengebiet mit Wald bedeckt, wie der Alios beweist und die Baumstämme und sonstigen Überreste, die man gefunden. Bei Camiers ist man auf Reste eines alten Forstes gestossen und hat Bäume gefunden, wie sie jetzt nicht mehr hier vorkommen. Auch unfern von Etaples, dort, wo der Abfluss des Teiches von Camiers sich in die Canche ergiesst, sind derartige Bäume zu Tage getreten. Eine Karte des 17. Jahrhunderts verzeichnet hier noch einen Wald neben einer Ortschaft Rombly, beide sind jetzt unter dem Sande begraben. Neuerdings greift der Mensch hier wieder stärker ein.

Die Canche unterbricht diese Dünenlandschaft. Der Fluss selbst liegt im steten Kampfe mit dem Sande, der seine Mündung verschliessen will und immer verschiebt. Nur durch Hilfe des Menschen kann er sich behaupten. Am Südufer beginnen sofort die Dünen und ziehen sich in abwechselnder Breite bis zur Baie d'Authie hin. Hier finden wir, gerade vom Ufer der Canche an, einen Wald. Seit 1887 hat man die im Lande liegenden Dünen aufgeforstet und so einen Kiefern- und Eichenwald von etwa 4 *qkm* erhalten, den Wald von Touquet. Der Forst beginnt erst 1 *km* vom Meere; vorher ist nur eine Grasnarbe, und am Strande selbst sind die Dünen noch in Bewegung. Da liegt auch, fast an der Spitze, das Seebad Paris-Plage. Bei ihm sind die Dünen gut gepflegt, durch Anpflanzung befestigt und haben auch den richtigen Steigungswinkel zum Meere zu. Dieser Dünensaum zwischen Paris-Plage und Berck ist etwa 15 *km* lang und 2—3 *km* breit. Hinter ihm finden wir Sümpfe und Sumpfland, ein Zeichen, dass der Abfluss zum Meere gesperrt ist. Von Berk bis zur Baie d'Authie verschmälert sich das Dünengebiet bedeutend, um an der Bai selbst als einfache Dünenreihe zu enden. So schmal, wie sie geendet, setzen die Dünen südlich der Baie d'Authie ein, und zwar mit einer mächtigen Düne, die, vom Winde immer bewegt, nicht mit einer grünen Decke sich überziehen kann und von ihrem blendenden Weiss den Namen dune blanche erhalten hat. Bald jedoch verbreitern sie sich und treten als einzelne Hügel oder als längere Ketten auf, um im Norden der Baie de Somme, bei St. Quentin en Tourmont, ein wahres Ringgebirge zu bilden. Diese Dünen rufen mit ihrer Höhe von 60—80 *m* den Eindruck mächtiger Berge hervor. Sie haben so anwachsen können, da die Bai der Somme sehr flach ist, und bei Ebbe ein Vorstrand von 6—7 *km* entsteht. Die Form wird durch die Winde hervorgerufen, die hier zwischen Südwest und Süd schwanken.

Die Karstpoljen von Westbosnien und der Hercegovina behandelte auf Grund eigener Forschungen Dr. Jovan Cvijić.[1]) Man

[1]) Abhdlg. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1901. S. No. 2.

versteht unter Karstpoljen ausgedehnte, geschlossene Karstmulden mit ebenem Boden; ihre Queraxe wird wenigstens zwei- bis dreimal von der Längsaxe an Grösse übetrtoffen, und in der Regel läuft letztere mit dem Schichtstreifen parallel. Sie treten nur in dislozierten Kalkgebieten jüngerer Gebirgssysteme auf. Hydrographisch zeichnen sie sich dadurch aus, dass ihr Boden regelmässig in mehrere Abflussgebiete zerfällt, und dass sie vorherrschend periodisch, zuweilen auch beständig inundiert werden, sehr selten trocken sind. Bisher kennt man sie: auf der Westhälfte der Balkanhalbinsel, auf den adriatischen und jonischen Inseln, in Kleinasien (Jaile), im Faltenjura und auf der Insel Jamaika (Interior Valeys). Ihre besten Formen befinden sich in Westbosnien und der Hercegovina. Viele insbesondere die Struktur betreffenden Eigenschaften der Poljen waren nicht genügend untersucht, und über die Entstehung der Poljen konnte nichts mit Gewissheit festgestellt werden. Bloss der Zusammenhang dieser Karstmulden mit den tektonischen Vorgängen, sodann ihre Ähnlichkeit mit Längsthälern der Alpen sind mit Bestimmtheit hervorgehoben worden.

Der Verf. beschreibt zunächst die von ihm gefundenen Eigentümlichkeiten der Poljen, so die Verebnungsflächen (pénéplain im Sinne von W. Davis), Terrassen und Strandlinien, die trocken gelegten oberirdischen Abflüsse, wodurch die neogenen und diluvialen Seen der Karstpoljen abflossen, endlich Karstmulden (die »Uvala« in der serbischen Sprache von Bosnien-Hercegovina) von besonderer Gestaltung, die die Keimform der Karstpoljen darstellen, weiter eine Kette von Formen, die auf die Entwickelungsreihe eines Poljebeckens hinweisen.

Bezüglich aller von ihm besuchten Poljen wird das Detail der Beobachtungen mitgeteilt, und auf Grund dessen giebt Verf. zuletzt eine Darstellung der Entstehung derselben. »Die Poljen haben fast alle morphologischen Eigenschaften mit grössern Dolinen gemein, so dass in dieser Hinsicht kein tiefer Unterschied zwischen Poljen und Dolinen besteht; tiefe Dolinen haben zuweilen sogar auch jene besondern hydrographischen Verhältnisse, die den Poljen eigen sind. Zwischen diesen beiden Arten von Gebilden besteht also nur ein quantitativer Unterschied. Die vollkommene Gleichheit der Grundeigenschaften ist ein Beweis, dass auch ihre Entstehungsweise dieselbe ist. Die grosse Ähnlichkeit zwischen Dolinen und Poljen verleitete auch die Karstforscher, ihre Entstehung auf die nämliche Weise zu erklären. Bis vor wenigen Jahren herrschte noch die Ansicht vor, dass die Dolinen durch Einsturz der Höhlendecken entstanden seien, durch Einstürze in grossem Massstabe oder durch Reihen und Gruppen kleinerer Einstürze die Poljen. Jetzt steht es aber fest, dass die Dolinen Erosionsformen sind, da sehr selten solche vorkommen, die durch Deckeneinsturz entstanden sind; somit rühren auch die Poljen weder von grossen Einstürzen, noch von

Gruppen partieller Einstürze her. Dann und wann tauchten auch Andeutungen auf, dass die Poljen Flussthäler sind, die in ihrer Entwickelung durch Karstvorgänge gehemmt und in Thalmulden umgewandelt wurden. Ob nun diese Ansicht auch einigermassen richtig ist, so ist sie weder genau, noch genügend. Wird ein Fluss in seiner Thätigkeit, ein Thal herzustellen, gehemmt, so entsteht ein blindes Thal, das sowohl nach seinen morphologischen als auch nach seiner hydrographischen Eigenschaften von einem Polje verschieden ist. Wäre die obige Voraussetzung richtig, so dürften im Karste überhaupt keine blinden Thäler, sondern nur Poljen vorkommen. Niemand hat die besondern Umstände festgestellt, noch festzustellen versucht, derentwegen ein durch Karstvorgänge gehemmter Fluss in einem Falle ein blindes Thal, in dem andern ein Polje schaffen würde. Das kann auch nicht festgestellt werden, da die Flusserosion allein zur Entstehung eines Polje nicht genügt.

Diese Theorien über die Entstehung der Poljen sind nicht genügend; um die spezifischen Eigenschaften der letztern zu erklären, besonders die Übereinstimmung der Längsaxe der Poljen mit dem Schichtstreichen, die grosse Breite der Bodenfläche, die eigenartigen hydrographischen Verhältnisse und mehrere selbständige Abflussgebiete in einem und demselben Polje, muss man von der Verwandtschaft ausgehen, die zwischen Dolinen und Poljen herrscht, insbesondere aber von den Karstmulden (die »Uvalas«), der Übergangsform, die die Verbindung zwischen Poljen und Dolinen herstellt.

Beinahe alle diese kleinen Karstformen hängen von dem Schichtstreichen und -fallen ab, weshalb sie oft in parallelen Zügen auftreten. Das sieht man an den Kalkgraten und kleinen Spornen im Karste, viel augenfälliger noch an den Dolinen. Diese treten in der Regel in Reihen auf, oft in mehrern parallelen Reihen, die dem Schichtstreichen folgen. Die Gestaltung dieser Dolinen ist eine Folge des Schichtfallens: sie sind asymmetrisch, da ihre Gehänge teils mit den Schichtflächen, teils mit den Schichtköpfen zusammenfallen.

Oft haben im Karste Reihen oder Gruppen von Dolinen eine gemeinsame Umrahmung, indem sie eine grössere Karstmulde darstellen, deren Boden von kleinen Dolinen bedeckt ist. Karstmulden oder Uvalas sind also grössere, breitsohlige Karstsenken, von unruhiger Bodengestaltung, besitzen also keine Ebene an der Sohle. Sie treten stellenweise so zahlreich auf und sind von solch einer grossen Bedeutung, dass sie die horizontale parallele Struktur, den Parallelismus der Grate auf den Karstrücken bewirken.

Die Karstmulden stellen die Übergangsform von Dolinen zu Poljen dar. Ihre Verwandtschaft mit den Dolinen ist augenscheinlich, mit den Poljen haben sie diese Haupteigenschaft gemein: ihre Längsaxe stimmt mit dem Schichtstreichen überein; sie unterscheiden sich von den Poljen dadurch, dass ihr Boden nicht eben ist, und

dass sie in der Regel jene besondern hydrographischen Verhältnisse entbehren.

Es giebt Karstmulden, die sich den Poljen noch mehr nähern. In diesen finden sich hier und da auch kleine Ebenen vor, durch die sich ein Bächlein von der Quelle bis zu seinem Ponor dahinschlängelt. Es sprudeln manchmal in ihren Dolinen Quellen hervor. und die Uvala wird inundiert, gleich den periodisch inundierten Poljen; von einem Polje unterscheidet sie sich dadurch, dass sie nicht jedes Jahr, sondern nur in sehr feuchten Jahren inundiert wird.

Die Karstmulden besitzen also die wichtigsten morphologischen Eigenschaften der Poljen, manche von ihnen auch die Anfänge der hydrographischen Verhältnisse; sie sind im Begriffe, Poljen zu werden, und es bleibt nur übrig zu erklären, wie an ihrer Sohle weite Flächen zur Entwickelung gelangen, und wie die bekannten hydrographischen Verhältnisse der Poljen darin entstehen.

Umgekehrt trifft man aber in den Poljen mannigfaltige Überreste an, die keinen Zweifel mehr aufkommen lassen, dass sie sich aus Karstmulden entwickeln. Es giebt Poljen, deren Bodenfläche zum grössten Teile die Eigenschaften einer Karstmulde aufweist, das heisst, sie ist nicht eben, sondern unter zahlreichen Dolinen. hat keine Flüsse, und die bekannten hydrographischen Verhältnisse fehlen zumeist. Neben den flachen Partien des Polje befinden sich. zumeist an den Rändern etwas höhere, die durchaus die Charaktere einer Uvalasohle besitzen; solche rudimentäre Partien, die einen Beweis liefern, dass sich das Polje aus einer Karstmulde entwickelt hat, kommen fast in allen beschriebenen Poljen vor. Die grossen Poljen sind zumeist zusammengesetzt, sie bestehen aus mehrern Karstmulden (Uvala), die vollständig oder teilweise verwachsen sind.

Endlich treten an den Enden der Längsaxe aller Poljen dem Schichtstreichen folgende Karstsenken auf, die alle Eigenschaften der Uvalas haben und eigentlich augenfällig beweisen, dass im Karste in der Richtung des Schichtstreichens tiefe und weite Becken sich zu entwickeln streben.

Zwischen Karstmulden und Poljen besteht also der Unterschied, dass die lokale, an gewisse Linien beschränkte Denudation bei den erstern weniger, bei den letztern mehr fortgeschritten ist.«

Der Vorgang besteht nach dem Verfasser kurz in folgendem: »Sobald sich der Boden der Karstmulde bis zum Niveau des Grundwassers im Karste vertieft, verschwindet stellenweise die unruhige Bodengestaltung, es entwickeln sich Ebenen, und die bekannten hydrographischen Verhältnisse treten auf. Im Karste befindet sich aber in der Regel nicht ein einziges Grundwasser, es giebt oft mehrere solche in verschiedenen Niveaus, ausserdem ist auch das Niveau des obern Grundwassers nicht permanent; diese Eigenschaft, die für die weitere Vertiefung der Karstpoljen von grosser Bedeutung ist, werden wir später untersuchen. Wenn zwei bis drei

oder auch mehrere solche Karstmulden miteinander verwachsen, so entstehen zusammengesetzte Poljen, die oft aus zahlreichen selbständigen hydrographischen Becken bestehen, zwischen denen niedrige, noch nicht denudierte Querriegel liegen. Durch einen solchen Vorgang können auch jene Karstmulden erklärt werden, die in die Umrahmung des Polje noch nicht einbezogen, aber im Begriffe sind, mit dem Polje zu verwachsen.

Die Denudation wirkt weiter, weshalb eine solche Anzahl starker Quellen blossgelegt werden kann, dass an der Sohle Flüsse entstehen, die im Karste von Ponoren aufgeschluckt werden müssen. Anfangs muss in solchen Poljen der Zufluss des Wassers grösser als der Abfluss sein, da die Ponore noch nicht genügend erweitert sind. Ausserdem werden sie oft verstopft. Infolge dieser beiden Ursachen tritt der Fluss aus seinem Bette aus, schwankt an der Sohle des Polje auch weiter fort, indem er diese eben macht. Auf diese Weise entstehen an der Sohle eines Polje Verebnungsflächen, und zwar durch Flusserosion und durch Verebnungsarbeit der grossen Wassermassen der zeitweiligen Inundationen. Solche Verebnungsflächen sind zumeist felsig, aus Kalkstein, hier und da auch unter Dolinen, seltener mit Flussablagerungen, die an manchen Stellen der Sohle erhalten sind. Es giebt Poljen, die in diesem Zustande auch geblieben sind, ohne jemals Seen gewesen zu sein. Ihre Entstehungszeit lässt sich nicht mit Bestimmtheit feststellen, da sie auch in dem Neogen schon können geschaffen worden sein; die Mehrzahl solcher Poljen wird indessen wohl aus dem Postneogen herrühren.

Aus den letztern Ausführungen wird klar, dass die Flüsse in den Poljen eine sekundäre Erscheinung sind; sie gelangen zur Entwickelung, nachdem an den Karstmuldensohlen Ebenen entstehen, und die Uvalas in Poljen verwandelt werden.

Die durch Denudation entstandenen Verebnungsflächen sind also im Karste älter, höher und primär; echte Flussverebnungsflächen, die ausschliesslich an der Poljensohle erscheinen, sind jünger, niedriger und sekundär gegenüber den ersterwähnten.

Wenn sich aber durch Denudation und Flusserosion die Bodensohle so sehr senkt, dass mächtige Grundwasseradern zu Tage treten, und wenn überdies auch die klimatischen Verhältnisse derartig sind, dass in den Poljen das bekannte Verhältnis eintritt, wonach der Zufluss stärker ist als der Abfluss durch Ponore und die Verdampfung — dann verwandeln sich solche Poljen in Seen. Die Mehrzahl der Karstpoljen von Bosnien und der Hercegovina waren in dem Neogen und zu Anfang des Diluviums Seen. Ihre ebene Bodenfläche besteht aus Seesedimenten und ist durch Seeabrasion geebnet. In manchen Poljen oder um sie her werden alle (drei) Arten von Verebnungsflächen angetroffen; ihre einzelnen Partien haben verschiedene Entwickelungsgeschichten.«

Über die Vernichtung der Poljen spricht sich Verfasser wie folgt aus. Zu Ende des Neogens und im Diluvium waren Bosnien und die Hercegovina see- und gletscherreiche Gebiete. Es befanden sich da so viele grosse Seen, dass mit ihnen in dieser Hinsicht heute nur die Alpen verglichen werden könnten. Diese Seen verschwanden zu Ende des Diluviums, auch die Inundationen oder die heutigen periodischen Seen nehmen fortwährend an Höhe ab. Die Verkarstung ist die Ursache dieser Erscheinung. Das Grundwasser tritt im Karste nicht als eine grosse Fläche auf, wie in einem undurchlässigen Terrain, sondern ist in subterrane Flüsse und Bäche zersplittert, die durch Höhlengänge ihren Lauf nehmen. Die Karstpoljen sind Vertiefungen, in denen diese unterirdischen Flussläufe an einer Stelle auftreten, um an der andern wieder zu verschwinden. Zahlreiche Beispiele lehren, dass in den Betten unterirdischer Karstflüsse Ponore entstehen, und jene sich in tiefere Niveaus hinabsenken, indem sie hier neue Höhlengänge und neue Betten herstellen. Auf diese Weise vermindert sich die Wassermenge, die den Karstpoljen zufliesst, so dass in diesen die Inundationen immer geringer und seltener werden. Es müssen selbstverständlich jene Inundationen ausgeschieden werden, die ab und zu infolge Ponorenverstopfung eintreten; das sind zufällige, vergängliche Erscheinungen, durch die der allgemeine Verkarstungsverlauf nur zeitweise gestört wird. Dieser letztere besteht in einer allmählichen, aber ununterbrochenen Trockenlegung der Poljen, die durch Senkung der unterirdischen Wasserläufe in tiefere Niveaus verursacht wird.

Eine auffallende Erscheinung ist auch die geographische Verbreitung der Poljen in Bosnien und der Hercegovina, sowie in dem übrigen Karste der Westhälfte der Balkanhalbinsel. In der Nähe von Flüssen, z. B. der Narenta, Piva und Taza, kommen sie nicht vor, obwohl sie im Thale der Narenta vorhanden waren. Im obern Flussgebiete der Narenta befinden sich kleine Poljen, die von Zuflüssen der Narenta halb eröffnet sind oder im Begriffe stehen, eröffnet zu werden. Schon die Thatsache aber, dass sich in der Nähe des Flussgebietes der Narenta keine Poljen befinden, obwohl Bedingungen zu ihrer Entwickelung vorhanden sind, lässt irgendwelche Ursache vermuten, wodurch sie vernichtet wurden. Durch die rückschreitende Erosion, sowie durch Erosion ihrer unterirdischen Wasserläufe, setzen die Zuflüsse der Narenta ihre Thäler rückwärts fort, indem sie in das Flussgebiet der Narenta die Karstdepressionen hineinziehen. Aus dieser Ursache sind viele Poljen an der Narenta verschwunden, und dieser Vorgang nimmt auch weiterhin seinen Verlauf.

Össbildungen in Ehstland. Wie Baron N. Kaulbars mitteilt[1]) und durch eine Karte erläutert, existiert nördlich vom Peypus-

[1]) Mitt. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1901. **44.** p. 29.

see eine Landschaft, in welcher auf einer verhältnismässig nicht grossen Fläche eine ganz ungeheure Anzahl Össe von allen möglichen Längen, Höhen und Formen, gedrängt neben und durcheinander stehen. Viele davon besitzen ganz merkwürdige und im höchsten Grade interessante Formen, die gewöhnlichen Hügellandschaften nicht eigen sind, die aber ihrerseits den unumstösslichen Beweis liefern, dass wir es hier mit den Überresten eines durch nachträgliche Erosion vielfach veränderten und dennoch in seinen Hauptgrundzügen erhaltenen subglazialen Flussdeltas zu thun haben. »Jeder,« sagt Verf., »der diese Gegend besucht, wird staunen, wenn er zwischen den Ortschaften Luga und Immato auf einer Fläche von kaum 25 *qkm* einen labyrinthartig geformten Össarchipel vor sich sieht, dessen einzelne 41 Hügelketten steil und schroff, viele bis zur Höhe von 30—50 *m*, unvermittelt und ohne Zusammenhang unter einander aus dem sie umgebenden Sumpfe aufsteigen, ein Bild, das unvergesslich ist und sich kaum wo anders wiederholen dürfte.

Ein Blick auf die Karte zeigt, dass die ganze Gegend ein fast ununterbrochenes Torfmoor ist, innerhalb dessen sich der Hauptfluss, sowie die Nebenarme seines Deltas mit allen ihren vielen Abzweigungen erhalten haben. Offenbar ist ein Teil des Hauptflusses von NO nach SW quer durch die ganze Gegend unter dem Eise geflossen. Von ihm zweigten nach beiden Seiten Flussarme ab, deren Spuren sich besonders nach Süden am besten und in grosser Zahl erhalten haben. Die ausgedehnten Sumpflandschaften, die sich in dem südöstlichen Teile des Gouvernements Ehstland ausdehnen, sind nicht überall ein undurchdringlicher, nasser Sumpf, wie es der Anblick der Karte glauben machen könnte. Allerdings sind nasse Stellen hier noch zahlreich, besonders in der Nähe der vielen kleinen Seen; in deren Umgebung oft die Bildung der gefährlichen sogenannten schwimmenden Moosdecke auftritt; dennoch ist die bedeutend grössere Fläche dieser Moore eine fast trockene Torfmasse, deren Oberfläche von einer zwei Fuss und darüber dicken Sphagnumschicht bewachsen ist, die, obschon trocken das Gehen auf einem so weichen, oft bis an das Knie hinaufreichenden Polster sehr erschwert.«

Geodätische Arbeiten und geophysische Forschungen in Ostafrika haben im Auftrage der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen Dr. E. Kohlschütter und Hauptmann Glauning ausgeführt. Erster berichtete darüber auf dem 13. Deutschen Geographentage.[1]) Solange in Ostafrika eine allgemeine Landesvermessung noch nicht vorgenommen worden ist, wird die Kartographie nur auf astronomische Anhaltspunkte angewiesen sein, die infolge der bedeutenden in Ostafrika vorkommenden Lotstörungen mit erheblichen Fehlern behaftet sein können, wie Kohlschütter am Nordende des

[1]) Allgem. Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde Berlin 1901. p. 308.

Nyassa festgestellt hat. Für die jetzige Kartographie konnten infolge der vorzüglichen instrumentellen Ausrüstung grundlegende Ergebnisse gewonnen werden und auch die Detailforschung durch eine mit dem Messtische aufgenommene und daher sehr zuverlässige Karte eines Teiles des Livingstonegebirges bereichert werden. Die Hauptarbeiten der Expedition waren die Schweremessungen, wobei es die besondere Aufgabe der Expedition war, die Störungen der Schwerkraft in den grossen, Ostafrika durchziehenden Grabensenken festzustellen. Die Expedition legte zahlreiche Pendelstationen an. Ihre Arbeiten erstreckten sich vom Nyassa-See bis zum Tanganyika-See, ausserdem auf Gebiete zwischen dem Victoria-Nyansa und dem Kilima-Ndscharo und südlich desselben. Dabei wurden interessante Beobachtungen über den Verlauf und die Ausdehnung einiger noch wenig bekannter Grabeneinbrüche und über das Durchschneiden älterer Gräben durch jüngere gemacht. Auch für die Erforschung des Erdmagnetismus hat die Expedition zahlreiche Ergebnisse gezeitigt.

Die ägyptisch-arabische Wüste. Zwischen dem Nil und dem Roten Meere in Ägypten breitet sich ein wasserarmes, unfruchtbares Gebiet aus, welches man mit dem Namen die ägyptisch-arabische Wüste bezeichnet. Es wird von nomadisierenden Beduinen bewohnt, die teils mit ihren kleinen Ziegenherden ein kümmerliches Dasein fristen, teils mit Kamelen den Handelstransport zwischen dem Nil und der Küste betreiben. Dieses Gebiet ist im Frühlinge 1897 von E. Fraas geologisch durchforscht worden, der im Auftrage einer ägyptischen Gesellschaft das Gebiet auf der Linie Keneh-Kosseir untersucht hat zur Klarlegung der Frage, ob ein Eisenbahnbau auf dieser Strecke ausführbar sei. Über die Ergebnisse seiner geologischen Untersuchung hat er nun berichtet.[1]) Das erwähnte Gebiet ist hiernach topographisch und dementsprechend auch geologisch charakterisiert durch einen mächtigen Gebirgszug von ältern, zum Teil krystallinischen Gesteinen, welcher von Süd nach Nord streicht und den nördlichen Ausläufer der Gebirgsgegend des Etbai bildet. Während aber noch im Süden bei Assuan, ebenso wie weiter südlich die krystallinen Gesteine bis zum Nilthale reichen und den ganzen breiten Strich zwischen dem Nil und Roten Meer einnehmen, wird der Gebirgszug im weitern Verlaufe nach Norden schmaler und erscheint mehr gegen Osten gedrängt, bis er schliesslich am Kloster St. Paul in der südlichen Gallala-Wüste sein Ende erreicht. Zwischen diesem Streifen älterer Gebirgsarten und dem Nil einerseits breitet sich ein weites Wüstengebiet aus, das aus den jüngern Formationen der Kreide und des Eocäns aufgebaut ist, ebenso wie anderseits im Osten zwischen der Küste und dem Gebirge ein schmales Band jüngerer Schichten übrig geblieben ist, aus welchem nur vereinzelte Höhen und Gebirgskämme des ältern Gebirges aufragen.

[1]) Zeitschr. d. Deutschen Geologischen Gesellschaft 52. p. 569 ff.

Die geologischen Ergebnisse seiner Reise hat Fraas in einer Kartenskizze und einem Querprofil vom Nil zum Roten Meere zum Ausdrucke gebracht, wodurch ein klares allgemeines Bild von dem Aufbaue der Schichten zwischen Nil und Rotem Meere dem Auge vorgeführt wird. Das zentrale Gebirge hebt sich scharf von den angelagerten jüngern Formationen ab, die im Westen als breites Tafelgebirge sich bis zum Nilthale ausbreiten und jenseits desselben ihre Fortsetzung in dem Plateau der Libyschen Wüste finden. Im Osten dagegen ist die Zone von Kreide und Tertiär nicht nur viel schmäler, sondern auch noch durch Längsverwerfungen gestört, welche es mit sich bringen, dass zwischen den einzelnen Kalkzügen wiederum altes, meist krystallinisches oder vulkanisches Grundgebirge hervortritt.

Die jüngsten Bildungen dort sind die Wüstenbildungen mit ihren verschiedenen Wirkungen und Erscheinungen. Der Unterschied zwischen dem Gebirgslande und dem Tafellande prägt sich auch in ihnen aus, ganz abgesehen von der Physiognomie der Landschaft, denn diese ist nicht von den rezenten Bildungen, sondern von dem Gesteinscharakter und der Natur des Kettengebirges im Gegensatze zum Tafelgebirge abhängig. Fraas hat vorwiegend die Anhäufung in den Thälern, d. h. das eigentliche Alluvium, im Auge. »Dieses,« sagt er, »ist in den Gebirgsthälern ausserordentlich schwach entwickelt, und gar nicht selten sehen wir den blanken Felsen in der Thalsohle anstehend. Insbesondere fehlt der eigentliche Sand; wohl ist meist das Thalbett im Gebirge mit feinem Grusse gleichsam glatt gestrichen, aber dieser Gruss hat nur ganz geringe Mächtigkeit und lässt allenthalben das grobe darunter liegende Geröll oder den anstehenden Felsen erkennen. Während die Gerölle vielfach aus weiter Ferne stammen und den Transport durch momentane Wildwasser nicht verleugnen, schmiegt sich der feine oberflächliche Sand, dessen Abtragung dem Winde zuzuschreiben ist, der nächsten Umgebung an. In dem Granitgebiete von Fachura wird die Thalsohle von rötlichem, feinstem Granitgrusse mit Quarz, Glimmer und zersetztem Feldspate bedeckt, in dem Hamamat ist ein grünlichgrauer Quarzsand als Verwitterungsprodukt der Grauwacken angehäuft, in dem Schiefergebirge sind es feine Schuppen von Phyllit oder Thonschiefer, welche den Sand bilden, ebenso wie sich in dem Bedathale die Sandsteine, Kalke und Thone der jüngern Sedimente geltend machen. In all diesen Gebirgsthälern kommt dem Winde nur eine ganz untergeordnete Bedeutung in Bezug auf den Materialtransport zu, das Schwergewicht fällt dem Wasser zu, das von Zeit zu Zeit in Wildbächen das Thal durchbraust und gleichsam ausfegt. Anders in dem Tafelgebirge mit seinen breiten Wadi. In den weitausgedehnten Hochplateaus und den zuweilen viele Kilometer breiten, flachen Thalmulden findet das Wasser nur wenige Angriffspunkte für die erodierende Thätigkeit; im Gegenteile gelangen hier die aus den Gebirgen geförderten Gesteinsmassen zum Absatze, und es entsteht mehr

eine Aufschüttung als Abtragung durch das Wasser. Umsomehr macht sich aber hier der Winde geltend, welcher in den breiten Flächen seine volle Kraft entfalten kann. Hierzu kommt noch das zur Wüstenbildung ganz besonders geeignete Gesteinsmaterial des Nubischen Sandsteines, welcher, durch Insolation gelockert, allmählich zu Sand zerfällt und vom Winde abgeblasen wird. Trotzdem muss es auffallen, wie gering die Transportfähigkeit des Windes dem Sande gegenüber ist; wir beobachten nämlich, dass die typische Sandwüste fast genau zusammenfällt mit dem Verbreitungsgebiete des Sandsteines, und dass die Verwehungen über dieses Gebiet hinaus nur ganz untergeordnet sind. So waren z. B. am Wadi Qasch die äussersten Spuren von verwehtem Sande nur 5 *km* von dem anstehenden Sandsteine entfernt, und ebenso machte sich bei Laketha sofort der thonige Untergrund in einer Änderung der Wüste geltend, welche einen lehmigen Charakter annimmt. Im ganzen Wadi abu Wásel von Laketha bis zum Nil haben wir eine ausgesprochene Kieswüste.«

Spuren einer ehemaligen Vergletscherung hat Fraas in dem ganzen zentralen Gebirge nicht entdecken können. Er kommt zu dem Ergebnisse, dass an der Küste des Roten Meeres in einer Erstreckung von über zwei Breitengraden mächtige Spaltenlinien entlang laufen, welche zur Bildung von Kettengebirgen führten.

Die Ablagerungen von jungem Korallenkalke auf der geneigten Ostseite der Gebirge macht es ihm zweifellos, dass hier Hebungen stattgefunden haben, und zwar in der Art, dass jeweils der der Küste abgekehrte Teil des Gebirges am meisten gehoben wurde, der östliche dagegen weniger, wodurch das Bild eines Staffelbruches mit geneigten Schichten entsteht. Die Höhe der Erhebungen ist eine ganz bedeutende, denn Klunzinger traf den Riffkalk noch in Höhen von ca. 800 Fuss (250 *m*) an, und auch im Wadi Ambage beträgt die Sprunghöhe der Verwerfung mehr als die Gesamtmächtigkeit von Kreide und Eocän.

Sehr wichtig ist ferner der Schluss, dass die Bildung der Kettengebirge entlang der Küste des Roten Meeres in die jüngste geologische Periode fällt und wahrscheinlich noch heute fortdauert. »Die Übereinstimmung dieser Verhältnisse,« sagt Fraas, »mit der von Walther an der Ostseite des Roten Meeres auf der Sinaihalbinsel beobachteten Lagerung des alten Riffkalkes ist in die Augen springend, und ebenso stimmt mit der Annahme einer negativen Strandverschiebung an der Küste die Ausbildung der heutigen Korallenriffe überein. Übertragen wir die Resultate auf die Bildung des Roten Meeres, so hätten wir zunächst einen Einbruch anzunehmen, der mit dem Mittelländischen Meere in Verbindung stand, und welcher in die mittlere Pliocänzeit zu verlegen wäre. Auf diese Zeit der Senkung folgte eine Periode der Hebung der Küste, welche zum Teil noch bis in die Jetztzeit reicht. Diese zweite Periode war es wohl auch,

welche die Verbindung mit dem Mittelländischen Meere abschnürte, so dass die Fauna allmählich ganz den Charakter des Indischen Ozeans annahm.«

Die Gesetze der Wüstenbildung sind von J. Walther durch vergleichende Studien in der alten wie in der neuen Welt klargelegt worden. Wahnschaffe giebt über die von Prof. Walther in seinem grossen Werke[1]) niedergelegten Ergebnisse seiner Forschungen folgende lichtvolle Übersicht.[2])

Einer der wesentlichsten Charaktere einer Wüste ist die in der Regenarmut begründete Abflusslosigkeit des von ihr eingenommenen Gebietes. Die hier herrschenden klimatischen Verhältnisse bedingen es, dass selbst geringe Wassermengen eine grosse Arbeitsleistung aufweisen können. Ein Vorgang, welchen der Verfasser als »trockene Verwitterung« bezeichnet hat, erfolgt zwar auch ohne Mitwirkung von Wasser durch die bedeutenden Temperaturschwankungen; doch ist dabei auch die Wirkung starker Salzlösungen in Betracht zu ziehen, unter deren Einfluss die Gesteine im Innern mürbe werden, während sich durch besondere Vorgänge die äussere Gesteinsrinde erhärtet. Durch die Lösungen werden die Gesteine auf chemischem Wege erweicht und dann beim Auskrystallisieren der Salze in den Kapillaren mechanisch zertrümmert. Die Bildung der braunen, oft nur Bruchteile eines Millimeters betragenden Schutzrinde der Gesteine gehört zu den charakteristischsten Erscheinungen eines regenarmen Klimas. Sie besteht entweder aus fast reinem Eisen- oder Manganoxyd oder aus beiden Oxyden in allen Mischungsverhältnissen. Auch die rote Färbung mancher äolisch aufbereiteten Dünensande wird als Schutzrindenbildung aufgefasst, indem der geringe Eisengehalt der Sandkörnchen durch eindringende Salzlösungen gelöst, bei der starken Erhitzung kapillar bis zur Oberfläche heraufgesaugt wurde und sich dort bei der Verdunstung ausschied. Die physikalische, durch die Sonnenstrahlen bewirkte Verwitterung beruht auf den grossen Temperaturschwankungen, denen der Erdboden und die Gesteine bereits im Laufe eines Tages ausgesetzt sind. In Transkaspien wurden Temperaturunterschiede von mehr als 50° C. innerhalb weniger Stunden beobachtet. Eine Folge davon ist die eigentümliche Abschuppung (Desquamation) der Gesteine und die durch die rasche Abkühlung bewirkte Radialspaltenbildung derselben.

Die grossen Massendefekte an Gesteinsmaterial und die eigentümlichen Reliefformen der Wüstengebiete werden vom Verfasser im wesentlichen auf die Abwehung, Deflation, zurückgeführt, die theoretisch von der abschleifenden Wirkung des vom Winde getriebenen Sandes, der Korrasion, wohl zu unterscheiden ist. Als Wirkungen der Deflation erkennt man an den Gesteinen die Felsentaschen, die Bienen-

[1]) Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. Berlin 1900.
[2]) Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde 1901. p. 194.

wabenstruktur, die Steingitter, Steinzapfen, Hohlblöcke. Hohlkehlen, Säulengänge und Pilzfelsen. Die felsige Gebirgswüste stellt den Anfang eines Vorganges der Wüstenbildung dar, der in der ebenen Wüste, für welche die Hamada oder Sserir-Wüste ein typisches Beispiel bietet, ihren Abschluss findet. Der Landschaftscharakter der Wüsten in ihren Anfangsstadien und allen ihren Zwischengliedern ist durch das Auftreten von Bergen und Thälern ausgezeichnet, deren topographische Unterschiede durch die Wüstenkräfte immer mehr ausgeglichen werden und allmählich ganz und gar verschwinden. Die Eigentümlichkeit der Wüstenthäler oder Wadis mit ihrem ungleichmässigen und vielfach unterbrochenen Gefälle sind zum Teil auf die Wirkungen der Deflation zurückzuführen. Einzelne plötzliche und selten auftretende Wolkenbrüche schaffen das sehr locker aufgehäufte Verwitterungsmaterial in grossen Massen aus den Thälern heraus, und in den langen regenlosen Zwischenperioden besorgt die trockene Verwitterung und Deflation die weitere Ausgestaltung der vielfach verzweigten Schluchtenthäler. Aus einem von Schluchten zerschnittenen Plateau gehen schliesslich durch die Zirkumdenudation die in der Ebene liegenden Zeugenberge hervor. Auch die Depressionen, in denen die Oasen gelegen sind, sind der Hauptsache nach ein Produkt der Deflation.

Verschiedene Beobachtungen bestätigen die Ansicht, dass die Wüste im allgemeinen regenärmer ist, als dies die meteorologischen Beobachtungen in den bewohnten Oasen vermuten lassen. Da die Regenmenge eines Gebietes in der Höhe des Grundwasserspiegels ihren Ausdruck findet, so muss naturgemäss in den regenarmen Wüstengebieten das Niveau desselben verhältnismässig tief unter der Erdoberfläche liegen. Die geringe Menge der atmosphärischen Niederschläge bedingt den Salzreichtum der Quellen. Aus dem Vorkommen von Kalksinterablagerungen in der Wüste ein früher in diesem Gebiete vorhandenes regnerisches Klima ableiten zu wollen, erscheint dem Verfasser unberechtigt, da gerade durch die Wirkung des Wüstenklimas aus den vom Gesteine heraussickernden und eindampfenden Lösungen sich Kalksinter abscheiden müssen. Hier ist die Länge eines Wasserlaufes stetigen Schwankungen unterworfen, oder er kann auch in langen Trockenperioden völlig wasserleer werden. An der Ausmündung steilwandiger Trockenthäler in die Wüstenebene finden sich meist ausgedehnte Trockendeltas, oft aus grobem, eckigem Gerölle mit grossen exotischen Blöcken bestehend. Der Transport der letztern lässt sich beispielsweise am Südrande der Wüste Gobi durch Grundeis sehr wohl erklären, da sich dort die Böden der Flussbetten in ihrer ganzen Breite im Winter mit Eis bedecken.

Die Wüste ist ein völlig undrainiertes Gebiet, und so sammeln sich infolgedessen bei jedem Wolkenbruche die Wasser in den Depressionen der Wüstenebene oder in den Einsenkungen der Trocken-

thäler. Das Regenwasser löst die nach lange vorhergehender Trockenheit überall an der Oberfläche ausgeblühten Salze schnell auf und wird auf diese Weise zu einer Salzflut. Der Wasserstand der in den flachen Depressionen sich bildenden abflusslosen Wüstenseen wird durch Zufluss, Versickerung und Verdunstung bestimmt. Die durch periodische Zuflüsse gebildeten Binnenseen entstehen und verschwinden periodisch. Bei dem abflusslosen Binnensee Caspi strömt während des ganzen Jahres das Seewasser durch einen schmalen Kanal in die abgeschnürte Bucht des Adschi-darya. Bei der starken Verdunstung entsteht in demselben eine Reihe von Salzstöcken und Gipslagern, die sich den Sedimenten dieses Binnensees auflagert und durch hineingewehten Dünensand von Sandsteinbildungen überlagert wird, ohne dass dabei eine Hebung und Senkung des Landes oder ein Oszillieren des Ozeans in Frage kommt.

Der Vegetationscharakter der Wüste wechselt nach Ort und Zeit; pflanzenarme und pflanzenleere Flächen sind durch allmähliche Übergänge miteinander verbunden. Die Wüstenpflanzen sind dem Klima angepasst und schützen sich auf verschiedene Weise gegen die starke Sonnenbestrahlung und Verdunstung, so dass beispielsweise ein Echinokaktus die denkbar grösste Pflanzenmasse in die kleinste verdunstende Fläche einschliesst. In den Ablagerungen der Wüste werden im allgemeinen wenig Pflanzenreste konserviert, nur in den Seen bilden sich im Liegenden der Salz- und Gipslager bituminöse Ablagerungen.

Die Tierwelt der Wüste besteht aus endemischen Formen und wandernden Durchzüglern. Der Umstand, dass beispielsweise in Transkaspien die überschwemmten und mit thoniger Rinde bedeckten Ebenen schnell austrocknen und allerlei Tierfährten dadurch konservieren, dass die Hohlabdrücke mit Dünensand ausgefüllt werden, führt den Verfasser zu der Ansicht, eine analoge Entstehung der Tierfährten für die Chirotherienschichten der Buntsandsteinformation anzunehmen.

In den abflusslosen Depressionen entstehen Konglomerate von grosser Ausdehnung, deren Bildungsweise und Struktur analoge Ablagerungen älterer Formationen zu erklären gestattet. Eine felsige Landschaft kann durch Deflation derartig eingeebnet werden, dass nur noch eine dünne Decke härterer Gesteinselemente dem festen anstehenden Gesteine auflagert. Beispiele dafür bieten die steinigen Libyschen Kieswüsten und die Hamada. Von ganz anderer Beschaffenheit und Entstehung sind die Kiesebenen, die von Gebirgen umschlossen werden, wie sie bespielsweise in Nordamerika, in Turkmenien und am erythräischen Ufer der Sinai-Halbinsel auftreten. Hier sind in den tiefen Depressionen mächtige Schichten von Sand, Thon, Kies, Schotter und Löss abgelagert worden, die bei einer Bohrung an der transkaspischen Eisenbahn bei 665 m noch nicht durchsunken wurden.

Beobachtungen am Amu-darya haben ergeben, dass dieser Fluss in 20 Jahren etwa 1 km nach rechts sich verschiebt. Da nun sein Schlammabsatz infolge der starken Verdunstung seines Wassers ausserordentlich gross ist, so kann auf diese Weise mit der Zeit eine transgredierende Süsswasserbildung von ausgedehnter Fläche entstehen.

Der Dünensand in abflusslosen Wüstengebieten kann aus verwittertem Sandsteine, aus einwandernden Meeresdünen, aus windgereinigtem Flussschlamme, aus Binnenseeschlamme, aus der Verwitterung quarzhaltiger Sedimente und aus dem Zerfalle grobkrystalliner Gesteine hervorgegangen sein. Beobachtungen in Transkaspien haben Walther dazu geführt, die Bogendünen oder Barchane als den normalen Typus bei der Entstehung der Dünen anzusehen, aus dem alle übrigen Formen abgeleitet werden können.

Die Wüsten besitzen infolge der Wirkung des Windes keine Decke von Verwitterungsboden, obwohl die physikalische und chemische Verwitterung dort in hohem Masse wirksam sind. Der Wind transportiert grosse Mengen feinsten Staubes und hebt ihn bis zu grossen Höhen empor. Die Dünensande der Sandwüste Karakum sind durch Auswehung und Fortführung des thonigen Amu-darya-Schlammes entstanden, der kaum $^1/_3$ sandige Bestandteile enthält. Grenzt an ein Wüstengebiet ein Steppenland an, so wird durch die Vegetation desselben der Staub festgehalten und als Löss abgesetzt.

Mit dem Transporte des Salzes durch Wasser und Wind ist die lokale Anreicherung verschiedenartiger Salze in den abflusslosen Gebieten der Wüste aufs engste verknüpft. Die Ausscheidung der Salze erfolgt durch den Umstand, dass die Verdunstung stärker ist als die Wasserzufuhr, auch wird sie dadurch begünstigt, dass wandernde Dünen die flachen Seen zuschütten. Die verschiedenen Vorgänge der Salzablagerung in den Wüsten werden vom Verfasser sehr eingehend besprochen, wobei er mit Recht hervorhebt, dass derartige Salzausscheidungen bisher nirgends in ozeanischen Becken beobachtet worden sind, und dass namentlich die Auskrystallisation verschiedener leicht löslicher und an der Luft zerfliessender Mutterlaugensalze nur unter den in Wüstengebieten vorhandenen Bedingungen möglich ist. Bei dem Problem der Bildung fossiler Salzlager sind die heutigen Vorgänge in den Wüstengebieten sehr zu berücksichtigen.

Aus dem reichen Inhalte des vortrefflich ausgestatteten Buches konnte nur einiges hier hervorgehoben werden. Die Lektüre desselben bietet ausserordentlich viel Anregung. Walther hat es verstanden, die zahlreichen Beobachtungen, die er selbst auf mehrern Reisen in verschiedene Wüstengebiete gemacht hat, und die Ergebnisse anderer Forscher zu einem fesselnden Gesamtbilde zu vereinen, indem uns an der Hand ausgezeichneter Abbildungen alle cha-

rakteristischen Eigentümlichkeiten der Wüste klar und scharf entgegentreten. Mag man auch seinen Schlussfolgerungen nicht in allen Punkten zustimmen und seine Auffassungen über die Buntsandsteinformation als einer Wüstenbildung für zu weitgehend betrachten, so verdienen doch seine Ausführungen bei der Beurteilung der ältern Formationen in vollem Masse berücksichtigt zu werden. Walthers Verdienst ist es, die Wüstenbildung als einen wichtigen geologischen Faktor geschildert zu haben, der auch in den ältern Epochen unserer Erdgeschichte in demselben Masse wirksam gewesen ist, wie heutzutage.

Geomorphologische Studien aus Ostasien. F. v. Richthofen hat im Anschlusse an seine frühere Arbeit[1]) und zur erweiterten Behandlung der dort gestellten Aufgaben die Küsten des ostasiatischen Vorlandes einer geomorphologischen Betrachtung unterzogen. Die Ergebnisse und Folgerungen, zu welchen er durch seine zum Teil allerdings hypothetischen Betrachtungen kommt, werden von ihm [2]) wie folgt zusammengefasst:

A. Morphologische Verhältnisse.

a) Der Reihe bogenförmiger, nach SO konvexer Randzonen von Landstaffeln, welche das kontinentale Ostasien von der Tschuktschen Halbinsel bis in das nordwestliche Tongkıng durchziehen und entlang der ganzen Linie durch Absinken des östlich angrenzenden Erdrindenstückes charakterisiert sind, folgt seewärts eine zweite Reihe homolog gestalteter Bogengebilde, welche die ozeanische Grenze Ostasiens bilden. Die ostwärts benachbarten Teile des von ihr niedergebrochenen Erdrindenstückes liegen im Boden des Meeres. An der Stanowoiküste fallen beide Bogenreihen zusammen; denn das Meer reicht bis an die Absenkungsbrüche der binnenständigen Reihe hinan. Die die Festlandsgrenze bildenden randständigen Glieder der zweiten Reihe beginnen am Kap St. Alexander, in 54° 15′ N, und endigen am Kap St. Jacques, in 10° 40′ N. Die aus dem Meere aufragenden Inselbogen gehören in die noch jenseits derselben untermeerisch fortsetzende Gesamtanlage der ostasiatischen Absenkungen hinein, können aber an gegenwärtiger Stelle nur nebensächliche Erwähnung finden.

b) Nimmt man zum Anhalte der Betrachtung die auf den Landkarten dargestellte Küstenlinie, als eine den Abfall der einzelnen Staffeln umziehende Isohypse, so zeichnet sich in ihr auf das schärfste ebenso die allgemeine Gestalt, wie jede Einzelabweichung von ihr. Ausserdem lässt sie die Küstenskulptur im Meeresniveau erkennen. Vier grosse Küstenbogen treten deutlich hervor. Sie wurden bezeichnet als: der tungusische, der koreanische, der chinesische, der annamitische. Der dritte und vierte sind völlig geschlossen; der erste hat eine kleine, durch örtlichen Einbruch zu erklärende Lücke; der dritte ist nur in einem Fragmente erhalten, wir wagten ihn hypothetisch durch Interpolation nach dem durch die binnenständigen und die Küstenbogen vorgezeichneten Schema zu ergänzen.

c) Die lineare Gestalt jedes einzelnen dieser Küstenbogen nähert sich ungleich mehr der Kreisform, als dies bei den Binnenlandstaffeln der Fall ist. Bei jeder von den letztern liessen sich zwei gestreckte, bogenförmig miteinander verbundene Schenkel erkennen die als Meridional- und Äquatorialschenkel gesondert betrachtet werden konnten. Vom Aldangebirge bis Yünnan waltet ein annähernder Parallelismus dieser beiden Elemente insofern, als die meridionalen Strecken der mittlern Richtung NNO folgen,

1) Dieses Jahrbuch 11. p. 154.
2) Sitzungsber. d. K. preuss. Akad. 1891. p. 801 u. ff.

die äquatorialen von der sinischen Richtung, WSW-ONO, beherrscht werden. Bei den Küstenbogen können der Analogie wegen die gleichen Bezeichnungen beibehalten werden, aber mit der Einschränkung, dass geradlinige Küstenstrecken von mehr als 200 *km* Länge selten sind, indem die seewärts konvexe Krümmung sich in allen Teilen geltend macht; ferner auch mit der Einschränkung, dass jeder einzelne Küstenbogen eine viel grössere Selbstständigkeit bezüglich der Lage zum Meridian, d. h. der Himmelsrichtung seiner Anfangs- und Endstrecke, hat. In Form und in Lage zum Kontinente sind die Bogen nicht gleich. Man kann sie nach beiden Gesichtspunkten in zwei Gruppen teilen; denn homolog gestaltet sind der tungusische und der chinesische Bogen einerseits, der koreanische und annamitische Bogen anderseits. Die beiden erstern stellen, wenn man die Gesamtgestalt von Ostasien ins Auge fasst, zusammen mit dem grossen Doppel-Stanowoibogen, die grundlegenden Umrisslinien des Kontinentes dar, während die beiden andern, zusammen mit Kamtschatka, aus dem Rumpfe ausspringende Halbinseln umgürten. Dieses Verhältnis ist noch rätselhaft und soll hier ausser Acht gelassen werden, wie auch Kamtschatka und der südöstliche Vorbau des Nord-Stanowoi wegen ungenügender Kenntnis ihres Baues nicht in die Betrachtung gezogen werden.

d) Das Gelbe Meer ist die seichte Überspülung einer innerhalb der beiden nördlichen Küstenbogen gelegenen Scholle, welche etwas stärker herabgesenkt ist, als die andern Teile der früher als maritim bezeichneten Stufe Ostasiens.

e) Die allgemeine Gestalt der nördlich vom Tsin-ling-schan gelegenen binnenländischen Landstaffeln, welche durch das allmähliche Ansteigen der umschlossenen Landfläche nach einem darüber erhobenen Rande und den kürzern, wahrscheinlich auf Staffelabsenkungen beruhenden Abfall nach aussen bedingt wird, wiederholt sich in der tungusischen und koreanischen Randstaffel. Die randliche Aufbiegung fehlt dem chinesischen Bogen, dagegen ist sie im meridionalen Teile des annamitischen vorhanden.

B. Beziehungen der Bogenlinien zum kontinentalen Baue.

a) Bezüglich grosser Grundzüge im kontinentalen Baue wrd auf die Bemerkungen in der ersten Abhandlung verwiesen. Von Interesse und Bedeutung würde die Kenntnis der Lage der verlängerten Zone des Tsinlinggebirges sein, da sie eine wichtige Scheide im Gebirgsbaue des Nordens und des Südens von ganz Ostasien ist. Der grosse Gebirgsstamm bricht in ungefähr $118^1/_2{}^0$ O ab, erscheint wahrscheinlich wieder im Hwaigebirge, ist aber von einer noch nicht erkennbaren Grenze an abermals herabgesenkt. Schwemmland und Meer überdecken die Fortsetzung. Es ist aber wahrscheinlich, dass ein so gewaltiges Gebilde im Gefüge der obern Erdrinde nicht ein unvermitteltes Ende erreicht, sondern noch weithin fortzieht, und dass seine Rolle als Teiler des Kontinents auch dort fortbesteht, wo es nicht sichtbar ist. Prüfen wir nach dieser Hinsicht die Landgebiete, so gehören die Mandschurei und Korea nach ihrem Baue dem Norden an, das vom chinesischen Bogen umgrenzte Land dem Süden, und letzteres hat seine Fortsetzung im Südkiuschiu und dem grössten Teile von Schikoku. In anbetracht dieses Verhaltens ist es wahrscheinlich, dass der Tsinling in dem Teile von Japan fortsetzt, welcher nördlich von der eben genannten, durch die »Chichibu-Formation« charakterisierten Zone liegt, und dass er auf dem Wege dorthin zunächst in die WSW—ONO-Richtung umbiegt. Der Koreanische Bogen in seiner hypothetischen südlichen Fortsetzung würde ihn dann entweder ebenso durchschneiden, wie es der Honanbogen weiter westlich nachweislich thut, oder er würde als eines jener an der Nordseite des Tsin-ling-schan sichelförmig abschwenkenden Bruchgebilde aufzufassen sein, von denen früher die Rede war.

b) Im mandschurisch-tungusischen Vorlande, zu dem auch das nördliche Korea gehört, macht sich eine Umbiegung im Gefüge des archäischen

Grundgebirges kenntlich, indem die noch bei Schan-hai-kwan und in Liautung herrschende sinische Richtung (im Mittel W 30° S—O 30° N) eine Schwenkung nach NNO ausführt. Im östlichen Nordkorea scheint die Richtung nahezu NO zu sein. Im Kleinen Khingan und im Sikhota-alin ist die NNO-Richtung im Gefüge, einschliesslich späterer Bruchbildungen, nachgewiesen. Im Innern des Umbiegungsgebietes treten, nach den Beobachtungen von Cholnoky, Unregelmässigkeiten im Baue durch partiell westöstliches Streichen und vulkanerfüllte Einsenkungen ein.

c) Die Gesamtanordnung jeder einzelnen Bogenküste ist vom innern Baue unabhängig, wie sich dies auch bei den binnenständigen Landstaffeln herausgestellt hatte. Aber das Verhältnis ist ein besonderes bei jedem der Bogen.

1. Der tungusische Bogen schmiegt sich unter allen dem innern Baue am engsten an; aber er folgt am Sikhota nicht dessen gestreckten Linien, sondern umzieht sie in leichter Krümmung, so dass er sie nördlich und südlich von der Strecke, wo der Parallelismus der Küste mit der Gebirgsstruktur am vollkommensten ist, in schiefem Winkel durchschneidet. Dies scheint auch zum Teil für die nordkoreanische Strecke zu gelten. Bei diesem Bogen wiederholt sich auch die Eigentümlichkeit der ostmongolischen und der Lena-Landstaffel, dass das im äquatorialen Schenkel der Randschwelle waltende Gefüge über den Ansatz des nächsten Bogens hinaus westwärts weit fortsetzt und dort noch reich gegliedertes Gebirgsland von sinischer Parallelstruktur zusammensetzt.
2. Der koreanische Bogen schneidet, soviel sich der dürftigen Kenntnis des Landes entnehmen lässt, das von SW nach NO gerichtete innere Gefüge des Halbinsellandes ungefähr rechtwinklig ab. Die richtende Kraft, welche der rein tektonischen Absenkung zu Grunde liegt, hat also in diesem Falle keinerlei Beziehung zu dem Gefüge des Gebirgsbaues an der Erdoberfläche. Die von Gottsche gemachte Wahrnehmung von NNW—SSO gerichteten Störungslinien vermag, da die Küstenlinie gekrümmt ist, eben so wenig Aufschluss zu geben, als das an anderer Stelle herangezogene Streichen des Urgneisses in Schantung.
3. Bei dem chinesischen Bogen tritt die Unabhängigkeit vom innern Gebirgsbaue am meisten hervor; denn obgleich er, mit Ausnahme einer kürzern Strecke, wo die Richtung der Inselzüge und der Durchschnittsverlauf der Küste auf vollkommenen Parallelismus mit den Strukturlinien hinweisen, allenthalben das grosse Gebirgsland des südöstlichen China in mehr oder weniger schiefem Winkel zum innern Streichen abschneidet, besitzt er doch unter allen die vollendetste Kreisbogenform.
4. Der annamitische Bogen zeigt wieder andere Verhältnisse. Ein Gebirge, dessen freilich nur wenig bekannter Bau auf hohes Alter der Entstehung schliessen lässt, zieht, in auffälliger Divergens mit der für das westliche Hinterindien bis weit in den Kontinent hinein charakteristischen, in grosser meridionaler Erstreckung annähernd gleichbleibenden Streichrichtung NzW—SzO, aus innern Teilen der Hinterindischen Halbinsel nach SO. Seine granitreichen Kernzüge erreichen das Meer zwischen den Kaps Varela und Padaran. Die Küste umzieht in leichtgeschwungenem Bogen die den Kernzug an der Nordostseite begleitenden krystallinischen Schiefer und metamorphischen Gebilde; der Bogen krümmt sich dann so, dass er die Gebirgsenden quer abschneidet und in seiner letzten westsüdwestlichen Strecke Gebilde begrenzt, welche auf der Rückseite des Hauptzuges zu liegen scheinen. So treten auch hier die verschiedensten Winkel zwischen innerer Struktur und äusserer Küstenlinie auf.

d) Die Beziehungen der Randstaffelbogen zu den Binnenstaffelbogen lassen sich von mehrfachen Gesichtspunkten aus betrachten.

1. Was die geographische Lage betrifft, so wurde bereits auf die Parallelstellung des tungusischen Bogens zum ostmongolischen hingewiesen. An Stelle der kulissenartigen Verschiebung, in welcher der meridionale Schenkel des letztern ungefähr im 47. Breitengrade nach Westen zurückzuweichen scheint, tritt bei dem tungusischen die flache Kreisbiegung. — Der Koreanische und der Tai-hang-schan-Bogen liegen in gleichen Breiten und sind auch in Ausdehnung einander ähnlich, divergieren aber etwas nach Süden. — Der chinesische Bogen umfasst die am Hukwang- und Yünnan-Bruch abgesunkene Doppelstaffel, und wie deren Südrand abnorm weit nach Westen zieht, so ist es auch der Fall mit dem chinesischen Bogen. Die Art, wie sie miteinander und mit der nordwestlichen Fortsetzung des annamitischen Gebirges zusammenkommen, ist nicht bekannt. Das letztere steht dem ganzen nordwärts davon gelegenen Lande von Ostasien fremdartig gegenüber; der annamitische Bogen, welcher daher eine Sonderstellung für sich allein einnimmt, teilt dennoch mit den andern Küstenbogen die Gestalt.
2. Die Frage nach der Art, wie die maritimen Landstaffeln als Ganzes gegen die kontinentalen herabgesunken sind, welche in der ersten Abhandlung aufgeworfen, aber nicht erörtert wurde, lässt sich für die nördlichen Gebiete dahin beantworten, dass lediglich der der höhern Staffel benachbarte Teil der niedern die Absenkung erfahren hat; denn die Höhe der ozeanischen Staffelränder ist dadurch nicht beeinflusst worden. Die Meereshöhen, in denen das Grundgebirge im Sikhota und im Koreanischen Küstengebirge ansteigt, sind von denen des Khingan und der Gebirge von Schansi nicht wesentlich verschieden. Die scheinbar bedeutendste Absenkung liegt dort, wo das Gelbe Meer sich ausbreitet; doch ist nicht bekannt, in welcher Mächtigkeit westlichere Teile der niedergebrochenen Scholle von spätern Schwemmgebilden überdeckt worden sind. Was das südöstliche China betrifft, so ist es zwar kaum zweifelhaft, dass ebenfalls die stärkste Absenkung am Fusse der Kwei-Staffel liegt; aber es scheint, dass der gesamte Erdrindenteil tiefer steht als das westliche Land. Diese Verhältnisse sollen an anderer Stelle ausführlich erörtert werden.

C. Art und Alter der tektonischen Bewegungen.

a) Ebensowenig wie die Bogen der innern Reihe, entsprechen diejenigen der äussern morphologisch und tektonisch den mit Faltung und Überschiebung gegen die konvexe Seite hin verbundenen Gebirgsbogen, wenn sie ihnen auch in linearen Umrissformen noch viel mehr gleichen als jene erstern. Bei dem tungusischen Bogen ist es nicht ausgeschlossen, dass sehr alte, vielleicht nicht jünger als archäische Faltungen mit seiner Anlage in Zusammenhang stehen; aber einerseits schneiden Teile von ihm zu scharf durch die Faltungslinien hindurch, um beide in vollkommen ursächlichen Zusammenhang zu bringen; anderseits ist er nur ein Glied in einer Reihe äusserlich homologer Gebilde, deren Gestaltung auf eine gleichartige Wirkung von Kräften zurückgeführt werden muss. Da nun bei den andern drei Bogen ein Zusammenfallen mit dem innern Baue sich sicht erweisen lässt, so dürfen wir der Thatsache, dass es bei dem tungusischen Bogen zum Teil vorhanden ist, erst in zweiter Linie Bedeutung beimessen.

b) Für die innern Bogen suchte Verf. es wahrscheinlich zu machen, dass im Norden der Linie des Tsinling-Gebirges uralt begründete, gegen Süden gerichtete, auf Zerrung beruhende Bewegungen stattgefunden haben, welche Bruchbildungen im Sinne der sinischen Streichrichtung und

tektonische, mit Zerreissung und dem Ausbruche granitischer, porphyrischer und jungvulkanischer Gesteine verbundene Vertikalverschiebungen veranlassten, und dass dadurch Rostgebirge, wie in Nord-Tschili und Daurien, entstanden; dass in einer spätern Zeit, wahrscheinlich nicht früher als die Triasperiode, entlang der ganzen Linie, vom nordöstlichen Sibirien bis zum südöstlichen Yünnan, meridionale Brüche eintraten, welche ebenfalls auf Zerrung, aber diesmal ostwärts, nach dem Pazifischen Ozeane hin, beruhten; dass endlich durch diese doppelte Zerrung und das dadurch bedingte Absinken nach zwei unter einem stumpfen Winkel sich begegnenden Linien in jedem einzelnen Falle, das bogenförmige, in Staffeln sich vollziehende Nachsinken der innerhalb des stumpfen Winkels gelegenen Teile in der Umrandung der stehengebliebenen Scholle eingetreten sei. Der Sitz der zerrenden Kräfte und der Spaltenbildung wurde dabei in grössern Tiefen der Erdkruste angenommen.

Noch unabhängiger vom Gebirgsbaue der Erdoberfläche sind, mit Ausnahme des tungusischen, die randlich gestellten Bogen, von denen jetzt die Rede ist, und ungleich mehr der Kreisform genähert sind die aus den tektonischen Bewegungen hervorgegangenen Bogengebilde. Diese Bewegungen und die in Brüchen vollzogene Lösung der Kohäsion innerhalb der Erdkruste, durch welche die Vertikalverschiebungen ermöglicht wurden, erscheinen, wenn man ihre Bedeutung für den Kontinent erfasst, als primär gegenüber denen, welche die innerkontinentale Linie von Brüchen veranlassten. Wenn demgemäss ihr Sitz in noch grössern Erdtiefen lag, so konnten aus dem Zusammenwirken entlang zweier Komponenten in demselben Sinne, wie die vorher angenommenen, noch mehr geschlossene und abgerundete Bogenlinien an der Erdoberfläche hervorgehen.

c) Es senkt sich also die Festlandsmasse des östlichen Asien in grossen Staffeln herab. Zwei von diesen werden durch weitgedehnte, gegliederte, auf Bruchbildung beruhende Bogenlinien deutlich gezeichnet. Die gemeinsame Ursache der Erscheinung ist in der Kombinaton von zwei Systemen zerrender Kräfte zu suchen, von denen eines ostwärts, das andere südwärts gerichtet ist.

Suchen wir nach dem Motiv für die Erregung der ostwärts gerichteten Zerrung, so dürfte es in der in langen Perioden fortschreitenden, vermutlich auf isostatischen Tendenzen beruhenden Vertiefung des Pazifischen Ozeanbeckens am Rande des Kontinentalmassivs genügend gegeben sein. Zwischen dem Festlande, welches der Zerrung in der Form gross angelegter Staffelsenkung und reichlicher Öffnung von Ausflusskanälen für Tiefengesteine nachgegeben hat, und jenen Ozeantiefen liegt ein breiter Raum. In ihm ist gegen den Rand der Tiefe hin diejenige Zone zu suchen, wo durch Auswärtsdrängen des Kontinentalmassivs und dessen Überwallen über den dadurch passiv weiter gesenkten Ozeanboden, der wachsende Massendefekt des Festlandes durch wachsende Massenanhäufung im äussersten Randgebiete, oder die räumliche Erweiterung dort durch räumliches Zusammendrängen hier, kompensiert wird, und wo mit grossen Überschiebungen verbundene faltige Stauung erwartet werden darf. Die ostasiatischen Inselkränze erscheinen als die Krönung der durch solche überwallende Stauungen emporgewölbten äussersten Randgebiete der Kontinentalmassivs. Aber selbst sie tragen den Charakter der Innenseiten von Faltungsgebirgen; die gefalteten Aussenzonen werden erst an den Abfällen gegen die ozeanischen Tiefen hin zu suchen sein. Die Existenz anderer, noch ferner liegender, nur in kleinen Inselspitzen aufragender, sonst noch unter der Meeresfläche verborgener Bogen, wie sie auf bathymetrischen Karten hervortreten, lässt darauf schliessen, dass die gleiche Tendenz in diesem Teile der Erdrinde seit frühesten Zeiten wirksam gewesen ist.

Für die Erklärung der äquatorwärts gerichteten Zerrung und Bewegung grosser Erdrindenteile in Asien, vom Kwenlun-Tsinling an, liegt

das gleiche Motiv nicht vor; es darf vielleicht, wenn auch mit Zagen, auf Änderungen in der Geschwindigkeit der Erdrotation und dadurch bewirkte Massenumsetzungen hingewiesen werden.

d) Wenn die Verhältnisse an den innerkontinentalen Landstaffeln gewisse Schlüsse über frühestes Eintreten derjenigen tektonischen Bewegungen gestatteten, welche die jetzigen Formen bestimmt haben, so lässt sich das Gleiche für die Randstaffeln noch nicht durchführen, und es erscheint richtiger, jetzt jede Schlussfolgerung nach dieser Richtung zu vermeiden, bis sich eine grössere Summe von Beobachtungen, als jetzt in allgemein zugänglicher Litteratur vorliegt, zur vergleichenden Betrachtung darbietet.

Das mexikanische Zentralplateau bildet den Gegenstand einer Studie von Emil Böse in Mexiko.[1]) Den Hauptteil des Landes bildet bekanntlich ein nach Norden flach abfallendes Hochplateau, welches nach Osten, Westen und Süden steilere Abhänge hat. »Diese, von manchen als Steilabstürze bezeichnet, sind ziemlich kompliziert gebaut und zeigen, wenigstens auf der Ostküste ein stufenweises Abfallen; vom Plateau, der Mesa central, aus senken sich die Höhenzüge gegen das Meer hinab. Auch die Mesa central ist keineswegs ein einfaches Plateau; zahlreiche Bergzüge, die oft eine durchaus nicht unbedeutende Höhe aufweisen, durchziehen die Hochebene, und nur die breiten Thäler zeigen einen flachen Boden, welcher dem Plateau den Namen verschafft hat. Immerhin fällt die Existenz dieser Mesa central jedem auf, der sich von der Ost-, West- oder Südseite der Hauptstadt des Landes nähert, und die Entstehung dieser mittlern Masse ist scheinbar das Hauptproblem der Geologie Mexikos. Geradezu verlockend erscheint bei Betrachtung der geographischen Karte die Annahme, dass der Steinabfall auf den Seiten durch Brüche erfolgte, und dass somit im Grunde nur eine Senkung im Süden, Osten und Westen stattfand oder auch eine Hebung des zentralen Tafellandes. Eine solche Anschauung vertreten z. B. Felix und Lenk,[2]) welche, von der rein hypothetischen Ansicht, dass Vulkane auf grossen Spalten liegen müssen, ausgehend, solche Spalten nach der geographischen Lage der Hauptvulkane Mexikos im Süden des Landes konstruieren. Ein Blick auf die geologische Karte des Landes[3]) lehrt jedoch, dass die Verhältnisse nicht ganz so einfach liegen; zahlreiche Ketten mesozoischer Gesteine auf dem Hochplateau rufen die Vermutung wach, dass die Vorgänge bei der Bildung des Zentralplateaus anderer Art waren. Eine Lösung des Problems lässt sich natürlich nur durch genaue Karten- und Profilaufnahmen erzielen; an diesen mangelt es leider bisher gänzlich. Das geologische Institut von Mexiko hat nun seit einiger Zeit mit der Aufnahme von Karten

---

[1]) Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft 1901. 53. p. 173.

[2]) Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexiko, I. Teil, 1890. p. 1—12.

[3]) Bosquejo geológico de México. Bol. Inst. geol. México 1897. No. 4, 5, 6.

im Maassstabe 1:100 000 begonnen, und zwar zu gleicher Zeit im Bereiche der vulkanischen Massen des Zentralplateaus wie der Sedimentärgesteine des Süd- und Ostabfalles; bisher ist noch keine der Karten publiziert worden. Die topographische Unterlage giebt die Karte 1:100 000, welche von der Comision geográfica exploradora aufgenommen wird, eine Aufnahme, die in den Details allerdings häufig recht mangelhaft ist und von den Mitgliedern des geologischen Institutes nach Möglichkeit verbessert wird.« Verfasser wählte als Aufnahmegebiet das Blatt Orizaba (Staat Veracruz), welches in tektonischer Beziehung als eines der interessantesten erscheint. Es umfasst das Gebiet von 18° 31′ bis 18° 58′ nördl. B. und von 1° 46′ bis 2° 16′ östl. L. (Meridian von Mexiko), also ungefähr 2120 *qkm*. Von diesem Gebiete hatte er bisher das nordwestliche Viertel aufnehmen können und dabei Profile erlangt, welche interessante Resultate geliefert haben.

Der Verfasser bespricht eingehend das Gebiet, welches die Umgebung der Strecke Rio Metlac-Boca del Monte der Bahn Veracruz-Mexiko umfasst, und wobei er zeigt, dass entgegen der Annahme von Felix und Lenk im Osten des Zentralplateaus von Mexiko ein Bruch nicht vorhanden ist. Er kommt zu dem Schlusse: »dass Mexiko in seinem südlichen Teile ein grosses, NNW—SSO streichendes Gebirge aus gefalteten und zerbrochenen Sedimentärgesteinen ist. Im mittlern und höchsten Teile haben Eruptivgesteine, vulkanische Sande und zum kleinen Teile auch pliocäne und quartäre Alluvionen die Thäler ausgefüllt, so dass eine Art Ebene entstand, welche von teils aus Sedimenten, teils aus Eruptivgesteinen gebildeten Hügelketten durchzogen werden. Das mexikanische Gebirge war schon vorhanden, als die Haupteruptionen begannen, welche somit im mittlern und höchsten Teile des Gebirges nur orographisch ausgleichend wirkten. Dadurch dass diese sekundäre Hochebene vorhanden ist, welche die ehemals höchsten Kämme des Gebirges bezeichnet, tritt der rasche Abfall in Treppenbrüchen nach Osten und Westen stärker hervor, wodurch die Täuschung verursacht wurde, dass das Hochplateau als Horst zwischen zwei Senkungsfeldern aufgefasst wurde. Wie im Süden, scheinen auch die Verhältnisse in der Mitte von Mexiko zu liegen. Die Betrachtung der geologischen Karte von Mexiko lehrt, dass die jüngern Eruptivmassen nicht mit der Grenze der Mesa central zusammenfallen, vielmehr schräg über das Hochplateau hinwegziehen, um sich dann im nördlichen Teile des Landes nur auf der Westseite des Hochplateaus zu zeigen. Den grössten Teil der Hochfläche nehmen in der Mitte und im Norden Sedimentärgesteine mit starker Sand- und Alluvionenbedeckung ein. Und auch in der vulkanischen Kette des Westens tauchen Sedimentärschichten auf. Die Verhältnisse scheinen also dieselben wie im Süden zu sein: der Kern des Gebirges besteht aus aufgerichteten, gefalteten und zerbrochenen Sedimentärgesteinen, und die Thäler der höchsten Kämme

sind durch vulkanische Sande, Laven und junge Alluvionen ausfüllt worden.

Geographisch betrachtet, besteht das Gebirge Mexikos im Süden aus einer einzigen Kette, welche sich am nördlichen Rande der Mesa central in zwei Teile spaltet: die Sierra Madre Occidental und die Sierra Madre Oriental. Im geologischen Sinne beginnt die Bifurkation jedoch viel weiter im Norden da das ganze mexikanische Gebirge sich offenbar zu gleicher Zeit als ein grosses Kettengebirge erhob und erst nachträglich durch jüngere Eruptionen, die ja allerdings wohl auch sicher Begleiterscheinungen weiterer Aufrichtung waren. ausgestaltet wurde. Soviel wir bis heute wissen, diente bei der Auffaltung jene Kette alter Eruptivgesteine im Westen als Widerlager. Hier war der Beginn der Kontinentbildung. Hier im Südwesten sind auch die Kalke der mittlern Kreide nicht abgesetzt, wir müssen deshalb wohl annehmen, dass dieser Teil schon im Cenoman aus dem Meere aufragte. Dieser älteste Teil bildete eine langestreckte schmale Zone im Westen, und zwar jenen Teil, der heute aus der Halbinsel Niederkalifornien und einem Streifen an der Westküste besteht. Der Meerbusen zwischen der Halbinsel Baja Kalifornia und dem Festlande ist als Fortsetzung der Sierra Nevada-Einsenkung Kaliforniens aufzufassen und bedeutend jünger als der Beginn der Aufrichtung. Die Gebirgsbildung begann also im Westen und schritt nach Osten fort, diese Thatsache können wir hier nur andeuten. Heute wird Mexiko im Westen gesenkt und im Osten gehoben; ehemalige spanische Zollhäuser, welche früher etwas von der Westküste entfernt waren, liegen heute zum Teil im Meere, zum Teil als Ruinen am Strande, wie z. B. in Manzanillo. Dagegen liegen heute auf der Ostküste Häuser, welche im vorigen Jahrhunderte hart am Meere standen, bereits ca. 50 *m* landeinwärts; und bei Ausgrabungen in der heutigen Stadt Veracruz haben sich Anker und sonstige Schiffsbestandteile im Boden begraben gefunden, woraus hervorgeht, dass das Meer früher, und zwar noch zur Zeit der spanischen Herrschaft bis hierher reichte. Zwar fehlen genauere Untersuchungen über diese Fragen, doch ist das Vorhandensein einer Bewegung unleugbar.

Die Hochketten des nordamerikanischen Felsengebirges und der Sierra Nevada schildert auf Grund eigener Wahrnehmungen E. Deckert.[1]) Zunächst behandelt er den Pikes Peak (4312 *m* hoch), der ein Kondensator der atmosphärischen Feuchtigkeit seiner Wüstenumgebung ist, und dessen Flanken von den Gebirgswässern durch tief eingegrabene Cañons zerschnitten sind. Auch an den Seitenwänden der Cañons, und insbesondere des Ruxton Creek Cañon, ist das Wirken und Walten der Wettergeister in vielfacher Weise

---

[1]) Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde in Berlin 1901. 36. No. 1, p. 1—19.

deutlich sichtbar. Das anstehende Gestein ist beinahe allerwärts auf das gründlichste zermorscht und zerwettert oder zu einem groben Grus zerfallen, der unter dem Einflusse der Regengüsse und Schneeschmelzen auf den steilen Böschungen tiefer und tiefer abwärts gleitet, und die Höhen sind von wunderlichen Felszinnen und Felsnasen gekrönt. Die Kiefern- und Eichen- und Bergmahagonibüsche aber, welche die steilen Hänge bestehen, haben daselbst offenbar keine sehr günstigen Existenzbedingungen. Ziemlich genau in halber Höhe des Berges, in der Gegend des sogenannten Half Way House ändert sich aber der gesamte Landschaftscharakter vollkommen. Es breiten sich weite Gründe zwischen sanft geböschten und gerundeten Höhen aus, es erscheinen grosse Steinblockhaufen, die nicht an Ort und Stelle oder in näherer Nachbarschaft ausgewittert sein können, und das anstehende Gestein zeigt nicht bloss eine verhältnismässig grosse Frische, sondern es treten auch zahlreiche Gruppen der bekannten *roches moutonnées* auf, und zum Teil ist eine deutliche Schrammung an den Felsen zu beobachten. Es ist also ganz klar, dass hier einst ein stattlicher Gletscher seine bodenumgestaltende Wirkung geübt hat.

Diese Gletscherwirkungen sind an der Ostflanke des Bergstockes bis zu 4000 *m* Höhe leicht zu verfolgen; dann erscheinen sie aber durch frisch herabgerollten Gesteinsschutt mehr und mehr maskiert, und der eigentliche Gipfel ist nichts als ein Trümmerfeld von scharfkantigen Blöcken, dessen Entstehung durch den Zusammenbruch anstehender Felswände und Felszinnen man in die Zeit nach dem Schwanken der Gletscher zu verlegen hat. Den Schutz einer mächtigen Schneedecke hat das Gipfelgestein auf dem Pikes Peak ebenso wie auf den andern Bergen des Felsengebirges nur zeitweise und in geringem Umfange; dagegen wirken die Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit, sowie von Wärme und Kälte beständig auf dasselbe ein, und die sprengenden Wirkungen des Spaltenfrostes gehen auch selbst während des Hochsommers in rüstigster Weise vor sich, da das Thermometer auf dem Berge im Juli gelegentlich auf 8°C. unter Null sinkt.

In solcher Weise erfolgte in der postglazialen Zeit eine nicht unbeträchtliche Abtragung und Erniedrigung des Pikes Peak-Gipfels. Welch gewaltige Schuttmassen in der Zeit nach dem Schwinden der Gletscher von dem Gipfel des Berges abgeglitten sind, zeigt an seiner Südseite in ungefähr 3900 *m* Höhe ein fast gänzlich damit ausgefülltes weites Kar, in dem einst einer der Hauptgletscher seinen Ursprung gehabt haben muss.

Der Absturz des Pikes Peak gegen Norden ist sehr steil, auch haben an dieser Seite in der geologischen Neuzeit umfangreiche Felsstürze zu grossen Tiefen hinab stattgefunden; aus diesem Umstande erklärt es sich wohl, dass an dieser Seite des Berges von der einstigen Vergletscherung wenig wahrzunehmen ist.

In der Moskitokette, die in dem Quandary Peak (4349 *m*) und in dem Mount Lincoln (4357 *m*) noch um ein geringes höher ist, als der Pikes Peak, in mehrern andern Gipfeln aber wenigstens an 4000 *m* aufsteigt, sind die tektonischen und petrographischen Verhältnisse von denjenigen am Pikes Peak gründlich verschieden. Die allgemeinen morphologischen Verhältnisse bieten aber mancherlei starke Anklänge an das, was an dem Pikes Peak zu beobachten ist. Bei dem Mount Sheridan und Mount Lincoln handelt es sich um Porphyrkegel, die den mässig geneigten paläozoischen Quarzitbänken aufsitzen, bei dem Quandary Peak und Horseshoe Peak aber einfach um paläozoische Quarzit- und Kalksteinrücken. Die Gipfel dieser Berge sind aber ebenfalls ausgeprägte Trümmergipfel, bei denen anstehendes Gestein auf der Höhe so gut wie gar nicht sichtbar, sondern beinahe allenthalben unter einer losen Schicht scharfkantiger Stücke, von mehrern Metern Mächtigkeit, begraben ist. Entsprechend der sprödern Natur der fraglichen Felsarten sind die Trümmer kleiner als bei dem Pikes Peak. Die unmittelbare Gipfelabtragung schreitet aber auch bei den Bergen der Moskitokette in sichtbarer Weise weiter fort.

Die Sawatch Mountains haben nicht weniger als 23 Gipfel von über 4000 *m* Höhe. Am Fusse dehnen sich gewaltige Moränenlandschaften aus. Auf der Spitze geht die Gipfelzerstörung noch immer fort, und dass an der Thalbildung dort die Gletscher der Quartärzeit einen sehr hervorragenden Anteil nahmen, ist für Deckert nicht zweifelhaft. Auch in dem Trachytgebirge der San-Juan-Mountains ist die Ausgestaltung der Berge zu Trümmergipfeln eine augenfällige.

Was die kalifornische Sierra Nevada 10—12° weiter westlich anbelangt, so zeigt sie sich ihres Namens würdig, wenn man sie vom Thale des Owens River und Owens Lake aus betrachtet. Da starren die gewaltigen Sägezähne scharf und schneidig genug empor gegen das Himmelsgewölbe, und in den meisten Monaten des Jahres legen die Bergriesen, welche die Thalsohle gutenteils um volle 3000 *m* überragen, hier auch ihr hellstrahlendes Schneediadem niemals ganz ab, wenigstens nicht an ihren gegen Norden gewendeten Seiten — ein Mount Whitney (4428 *m*), ein Mount Williamson (4404 *m*), ein Mount Leconte (4360 *m*), ein Mount Jordan (4350 *m*), ein Mount Humphreys (4270 *m*), und alles in allem etwa zwei Dutzend Gipfel, von denen es feststeht, dass sie höher als 4000 *m* sind.

Die Frage, weshalb die Felsengebirgsgipfel unter ihren eigenen Trümmern begraben sind, während die Sierragipfel sich von losem Schutte in so hohem Grade frei erhalten, beantwortet Deckert folgendermassen: »Eine der Ursachen liegt wohl sicherlich in der Struktur, bezw. in der Lagerung des Sierragranits: In seiner ausgesprochenen Neigung zu senkrechter Zerklüftung, welche wir auch in dem Yosemite-Thale beobachten, und durch welche die Eigenart dieses Thales, sowie

der sämtlichen Thäler von dem Yosemitetypus ganz wesentlich mit bestimmt wird. Die losgesprengten Trümmermassen gleiten infolgedessen viel besser zu der Tiefe, wo sie von dem fliessenden Wasser ergriffen und fortgeführt werden, als es beispielweise bei den Sawatch Mountains mit der schrägen Zerklüftung ihres Gesteins der Fall ist. Sodann geht mit der grössern Schneemenge des Gebirges natürlich auch eine gründlichere Schnee-, bezw. Lawinen- und Schmelzwasserabräumung Hand in Hand. Endlich aber, und das ist vielleicht die Hauptsache, war die Sierra dereinst in einer noch viel umfassendern Weise vergletschert als die Sawatch Mountains oder irgend eine andere Hochkette des Felsengebirges, und bis in eine noch viel jüngere Vergangenheit hinein als jene.

Betreffs der Gipfelabtragung in der Sierra Nevada betont Deckert noch, dass dieselbe in der Zeit nach dem Abschmelzen der Gletscher keine so umfangreiche gewesen zu sein scheint, als in dem Felsengebirge, dass sie dafür aber während der Eiszeit auch nicht in demselben Umfange wie dort ruhte. Infolge der senkrechten Gesteinsklüftung ragten die Klippengipfel, an denen kein Schnee haftete, eben auch damals in die freie Luft und waren auf diese Weise dem Spiele der Wettergeister immer preisgegeben. Heute liegen die Temperaturextreme auf den Sierragipfeln zwar nicht so weit auseinander wie auf den Felsengebirgsgipfeln, die Schwankungen sind aber auch auf ihnen bedeutend.

Die Gebirgsgruppe des Elias in Alaska ist bekanntlich von der Forschungsexpedition des Prinzen Ludwig Amadeus von Savoyen untersucht worden. Ein Bericht über dieselbe ist in einem grossen Werke erschienen,[1]) das nun auch in deutscher Übersetzung vorliegt. Der Berg wurde zuerst von Vitus Bering 1741 als höchster seiner Umgebung erkannt und benannt. Über die wahre Höhe haben die Angaben sehr lange geschwankt. Nach den Messungen von Professor Russell beträgt sie 5516 $\pm$ 30 *m*, die oben erwähnte italienische Expedition fand sie barometrisch zu 5514 *m*, eine wohl nur zufällige nahe Übereinstimmung. Die Fläche vom Seegestade bis zu den Hochgipfeln der Gruppe nimmt der ungeheure Malaspinagletscher ein, der grösste der nördlichen Erdhälfte ausserhalb Grönlands. Dieser Gletscher wird von zahlreichen Teilgletschern vom Nordkamme und auch aus dem noch unerforschten Hintergrunde der ostwärts vom Mount Elias verlaufenden Augustakette genährt. Von dort bringt der grösste Teilgletscher, der Seewardgletscher, das Eis vom Logankamme, der in dem Mount Logan, dem höchsten bekannten Gipfel Nordamerikas, mehr als 5900 *m* erreicht. Alle diese Gletscher haben gleich denen an der Glacierbai (im Südosten) seit dem 18. Jahr-

[1]) Die Forschungsreise S. K. H. des Prinzen Ludwig Amadeus von Savoyen nach dem Eliasberge v. Filippo Filippi. Deutsch von Baron G. Locella. Leipzig 1900.

hunderte eine beträchtliche Verminderung erfahren, während ein periodisches Oszillieren in der Mächtigkeit des Gletschereises hier bis jetzt nicht nachgewiesen ist. Der Malaspina reicht jedoch immer noch an zwei Stellen seines weit über 100 *km* Breite messenden Südbogens dicht ans Meer. Die ganze Küste ist mit hohem Fichtenwalde bestanden, und dieser dehnt sich auf das breite Band der Stirnmoräne des Gletschers selbst aus, so dass dort Wald auf Gletschereis steht.

Die Wärmestrahlung von den dunklern, steilen Wänden des anstehenden Gesteines erzeugt an den Gletscherrändern im Sommer ganze Ketten von Seen; gleichzeitig entstehen vorübergehend Flusssysteme auf dem Malaspinaeise, wühlen zahllose Gletschermühlen aus und bilden weithinziehende Tunnels im Gletscher, an dessen Vorderkante aus solchen sinkstoffreiche Gewässer hervortreten, so der Yahtse, der die frühere Bucht östlich vom Eiskap mit seinem Delta fast ganz zugeschüttet hat. Die Schneegrenze liegt bei 900 *m*, die Vegetationsgrenze bei 1200 *m*. Tierisches Leben dringt auch noch weit höher. Die merkwürdige, von Rusell ermittelte Thatsache, dass die Gesteine der ganzen Umgebung des Eliasberges jugendlichste Sandsteine und Schiefer sind, wurde bestätigt. Die Pyramide des Elias selbst besteht aus dunklem Diorit, der stellenweise in Hornblendefels übergeht. Vulkanische Ausbrüche oder auch nur Dampfausstossen hat es am Eliasberge nie gegeben; was man 1839 und 1847 als Dampf deutete, dürften Staubmassen im Gefolge von dort sehr häufigen Erdfällen gewesen sein.

Die Küstengliederung und Entwickelung Südamerikas.

Wenn man eine Erdkarte zur Hand nimmt und die Gestalten der Festländer vergleichend betrachtet, so findet man, dass, neben auffallender Unähnlichkeit der Umrisse im einzelnen, einige allgemeine Ähnlichkeiten hervortreten. Nicht nur Kontinente wie Afrika und Südamerika zeigen eine analoge Zuspitzung nach Süden hin bei breiterer Abrundung im Norden, sondern diese gegen Süden hin zugespitzte Gestalt wiederholt sich in auffallender Weise auch bei kleinern Festlandsgliedern, so bei Grönland, Vorder- und Hinterindien, in den Umrissen Italiens wie der griechisch-türkischen Halbinsel. Diese häufige Wiederkehr analoger horizontaler Formen, ebenso wie Polannäherung der Festlandmassen auf der nördlichen Erdhälfte und ihrer Polflucht auf der südlichen, sind Thatsachen, welche keineswegs als morphologische Zufälligkeiten betrachtet werden dürfen, sondern denen bestimmte Ursachen zum Grunde liegen, Ursachen von sehr allgemeinem Charakter und verwickelter Natur, die wir eben deshalb zur Zeit noch nicht speziell wahrnehmen können. An Hypothesen in dieser Beziehung hat es freilich nicht gefehlt, wie z. B. derjenigen von Dana, welche zwei tektonische Hauptrichtungen, eine nordwestliche und eine nordöstliche annimmt, durch deren

Kreuzung die Zuspitzung entstehen soll, dagegen sieht Lowthian Green die Lithosphäre als tetraederähnliche Form an, Weinberg macht eine riesige Flutwelle, Reichenbach die Meeresströmung verantwortlich für die eigentümliche Form der Kontinente. Alle diese Erklärungsversuche aber, sagt sehr richtig Dr. Th. Arldt,[1]) scheinen den Fehler zu haben, dass sie alle Erscheinungen nur durch eine Ursache erklären wollen und nicht berücksichtigen, dass der geologische Bau der Festländer sehr wesentlich bei der Bildung ihrer Gestalt mitgewirkt hat. Auch berücksichtigen fast alle bis auf Green zu wenig die Erscheinungen der erdgeschichtlichen Vergangenheit. So ist es nicht angängig, Südamerika mit Afrika vergleichen zu wollen, wie noch Peschel in seinen »Neuen Problemen« thut, wo er den Satz aufstellt, die horizontale Gestalt der Kontinente sei unabhängig von ihrem vertikalen Aufbaue. »In Afrika sehen wir, abgesehen von der Zone jugendlicher Faltungen im äussersten Norden, die morphologisch eigentlich noch zu Eurasien gehört, ein uraltes Tafelland vor uns, das ringsum von Brüchen umgrenzt ist, ohne dass diese der Leitlinie eines Gebirges folgen könnten. Südamerika dagegen wird von dem der Längenerstreckung nach wenigstens, grossartigsten Faltungsgebirge der Erde durchzogen, und schon der erste Blick auf die Karte lässt vermuten, dass dieser mächtige Gebirgszug mit der ihm benachbarten Küste in Beziehung stehen möchte,« Afrika muss man vielmehr, wie Arldt mit Nachdruck betont, mit dem Tafellande Dekhan vergleichen, das ja auch nach dem jetzigen Stande unseres geologischen Wissens gleiche erdgeschichtliche Vergangenheit hat, indem beide Gebiete Reste des alten Lemurien oder Gondwánalandes sind, das einst die Stelle des jetzigen Indischen Ozeans einnahm. Südamerika ist nach Arldt dagegen mit Nordamerika zusammenzuhalten. In beiden Kontinenten zieht im Westen annähernd meridional ein junges Faltengebirge, vielfach in mehrern Ketten, zwischen denen Hochebenen sich ausbreiten oder Hochthäler eingebettet liegen. Westlich von diesem Gebirge liegt nur ein schmaler Küstensaum flachen Landes. Im Osten finden wir bei beiden ein nordöstlich streichendes, sehr altes Faltengebirge, das den Südostrand eines grossen archäischen Massivs bezeichnet, über dessen abgetragene Falten schon paläozoische Schichten horizontal gelagert sind, so dass diese Gebiete seit uralter Zeit in Ruhe sich befinden. Es ist dies in Südamerika das brasilische Massiv, das vom La Plata bis zum Orinoko reicht, und dessen südöstlicher Teil schon in vordevonischer Zeit gefaltet wurde; in Nordamerika dagegen finden wir die bis zur Carbonzeit aufgestauten Appalachien mit dem kanadischen Schilde. Zwischen den Gebirgssystemen im Osten und Westen ziehen Tiefländer sich hin, Ablagerungen jüngerer Perioden, unter denen wir die alten Massen wieder finden. So folgen ohne

---

[1]) Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1900. p. 82 u. ff.

stark hervortretende Wasserscheide im Norden die Gebiete des Mackenzie, Saskatchewan-Nelson und Missouri-Mississippi, im Süden die des Orinoko, des Amazonenstromes und der dem La Plata zuströmenden Gewässer aufeinander, so dass gewissermassen jedes der beiden Amerika durch ein grosses meridionales Längsthal geteilt wird.«

Die Frage, wie weit diese Ähnlichkeiten in der Geschichte beider Kontinente begründet sind, drängt sich solcher Art von selbst hervor. Um aber nach dieser Richtung hin mehr als vage Hypothesen aufzustellen, bedarf es genauerer Untersuchungen, welche Richtungen die Gestalt der Kontinente, hauptsächlich der Kontinentalsockel, bestimmen, und wie weit diese Hauptrichtungen im Verlaufe der Küstenlinien wiederkehren. Dadurch wird das Typische von dem Zufälligen gesondert oder auch das Ursprüngliche aus dem allmählich im Laufe der Zeiten Gebildeten herausgeschält. Diese Vorarbeit hat Dr. Theodor Arldt für Südamerika ausgeführt und an dem oben bezeichneten Orte publiziert. Er hat zunächst gewisse Hauptrichtungen festgestellt, die im grossen die Gestaltung des südamerikanischen Kontinentes bedingen, und mit diesen den Verlauf der Küstenlinien im einzelnen verglichen. Um aus dem wirklichen Verlaufe der Küstenlinie die Hauptrichtung herauszulesen, hat er die Punkte, in denen die Küste eine charakteristische Wendung macht, als Grenzpunkte der Hauptrichtungen angesehen und jeden solchen Punkt mit seinen beiden Nachbarpunkten verbunden, und zwar durch eine Linie (Loxodrome), welche mit allen Meridianen gleiche Winkel bildet, da nur bei ihr in Wahrheit von einem Richtungswinkel die Rede sein kann. So entsteht ein Polygon, das die rohen Umrisse des Kontinentes zeigen muss. Als diese Grenzlinie hat er nach dem gewöhnlichen Gebrauche die 100-Fadenlinie angenommen, obwohl in Wirklichkeit die Grenze der Kontinentalsockel bald in grösserer, bald in geringerer Tiefe verläuft. Sollte die Grenzlinie wirklich genau festgelegt werden, so müssten die ganze zu untersuchende Küstenstrecke entlang in möglichst geringen Abständen Profile von der Küste bis zur Tiefsee dargestellt werden. Die Punkte, bei denen in diesen Profilen vom Lande aus ein steilerer Abfall des Meeresbodens beginnt oder endet, wären dann auf der Karte zu verbinden, und man erhielte so eine obere und eine untere Grenzlinie der Festlandsockel. Indessen reichen unsere jetzigen Hilfsmittel für eine derartige Untersuchung, die sicher ein helleres Licht auf die Beziehungen der Kontinente untereinander, insbesondere auch auf ihre Entwickelungsgeschichte werfen würde, bei weitem nicht aus, und man kann nur eine Isobathe als gewissermassen normale Grenze ansehen. Die 100-Fadenlinie als konventionelle obere Kontinentalgrenze eignet sich aber besonders gut zum Vergleiche, da ihr Verlauf nach den Küstenkarten ziemlich genau festgestellt werden kann.

Dr. Arldt beschreibt genauer, wie er die Bestimmungen der Hauptrichtungen ausführte, und setzt die Grenzen fest, innerhalb deren er Südamerika als geographisches Individuum betrachtet.

Von den vielen Theorien, die sich mit der Gesetzmässigkeit des Verlaufes der Grenze zwischen festem Lande und dem Ozeane befassen, und die teils den Vulkanismus, teils die Gewässer der ozeanischen Becken als das Agens ansehen, greift er nur einige wenige heraus, auf die sich die Resultate der vorliegenden Messungen und Betrachtungen besonders gut anwenden lassen. Zunächst bespricht Dr. Arldt die Theorie von Pissis-Owen. »Es ist,« sagt er, »eine merkwürdige Vorliebe vieler Geographen, auf unserer Erde vorkommende Linienzüge als Teile von grössten Kreisen anzusehen. Kein geringerer als Richthofen bietet uns in einer seiner neuesten Veröffentlichungen[1]) dafür ein Beispiel, indem er die grosse Bruchlinie, die das gewaltige innerasiatische Massiv vom Süden Chinas bis in die Regionen des Beeringsmeeres östlich begrenzt, als Teil eines grössten Kreises bezeichnet, der den 60.⁰ nördl. Br. berührt. Nun ist allerdings der grösste Kreis oder die orthodromische Linie die einfachste, die es auf einer Kugel giebt, da sie ja auch die kürzeste Verbindungslinie zweier Punkte derselben ist. Aber wenn man irgend einen Linienzug als mit einem andern sich deckend ansieht, so ist doch die zweite Frage, deren eingehende Beantwortung erst die Berechtigung des Vergleiches beweist, in welchem ursächlichen Zusammenhange die beiden verglichenen Grössen stehen. Es dürfte nun den Freunden des grössten Kreises schwer werden, auch nur einen Grund dafür anzuführen, warum tektonische Richtungen einem solchen Kreise folgen sollten. Einen einzigen giebt es, der eine Sonderstellung einnehmen könnte, das ist der Äquator. Bei dieser Vorliebe für die Orthodrome, die früher eher noch grösser war als jetzt, ist es nicht zu verwundern, dass einer der ersten Versuche, die Kontinentalformen zu erklären, sich dieser grössten Kreise bediente. 1848 wies Pissis darauf hin, dass die Küsten vielfach in der Richtung grösster Kreise verlaufen. Darin hat er ohne Zweifel Recht, indessen will das wenig besagen, denn wenn eine Strecke annähernd geradlinig verläuft und nicht sehr gross ist, so kann ja der durch ihre Endpunkte gelegte grösste Kreis gar nicht weit von ihr abweichen. Betrachten wir nun die südamerikanischen Verhältnisse. Während auf einer Merkatorkarte die Loxodrome stets eine gerade Linie vorstellt, wird die Orthodrome auf ihr zu einer Kurve, die unter allen Umständen nach dem Äquator zu konkav ist. Von diesem Satze ausgehend, erkennen wir, dass von den grossen südamerikanischen Richtungen bei der von Peru, Goajira, Brasilien im engern Sinne, Chile und Guayana die Orthodrome den Küstenverlauf besser wiedergiebt als die Loxodrome, indem die ersten zwei Küsten über die Loxodrome hinaus nach dem Meere zu gewölbt sind, die Küste von Chile nach diesem konkav ist, während Guayana

---

[1]) Richthofen, Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morphologie Ostasiens.

nördlich des Äquators konvexe, südlich konkave Biegung aufweist, wie es auch seine Orthodrome thut. Auch bei der patagonischen Richtung kommt die Orthodrome der Küste näher, doch nur so wenig, dass sie keine Verbesserung der dortigen ungünstigen Verhältnisse bringt. Gerade nach der entgegengesetzten Seite aber weicht die Orthodrome ab bei den Richtungen von Columbia, Feuerland, Venezuela, Argentinien und Brasiloargentinien. Alles dies ergiebt sich bei einfacher Betrachtung einer Karte in Mekatorprojektion.«

Während Pissis sich mit der einfachen orthodromischen Linie begnügte, ging Owen willkürlich weiter und behauptete, dass diese Linien die Polarkreise tangierten, Arldt aber zeigt, dass dies für Südamerika sehr schlecht zutrifft. Es passen von den 25600 *km* der Küste Südamerikas 15600 gut, 1500 einigermassen, 8500, bez. 16800 gar nicht zu der Ansicht von Pissis, während der speziellen Forderung Owens nur 4700 *km* folgen.

Dana in einer 1862 ausgesprochenen Theorie stellt für die ganze Erde Hauptrichtungen auf in folgenden Sätzen:

1. Zwei grosse Richtungssysteme wiegen auf der Erde vor, ein nordwestliches und ein nordöstliches, einander quer durchkreuzend.
2. Die Inseln der Ozeane, die Umrisse und die Erhebungen der Kontinente, sowie der ozeanischen Becken liefern in gleicher Weise Beispiele für diese Systeme.
3. Die mittlern oder Hauptrichtungen dieser zwei Richtungssysteme sind WNW und NNO.
4. Es giebt viele Abweichungen von diesen Richtungen, doch gemäss dem Prinzipe, und diese Abweichungen finden oft entlang von Kurven statt.
5. Wie auch die Abweichungen sein mögen, wenn die Richtungen der zwei Systeme sich treffen, so kreuzen sie sich fast unter rechtem Winkel oder quer zu einander.

Arldt findet nun, dass Danas Ansichten weit berechtigter sind als die von Pissis und Owen. Insbesondere folge die eigentliche atlantische Küste streng den beiden Hauptforderungen, während diese an der karibischen und an der pazifischen Küste wesentlich modifiziert werden müssten, indem besonders die rechtwinklige Durchkreuzung der Systeme sich auf das östliche Schollenland beschränke und im andinen Gebiete dem stumpfen Winkel weichen müsse. Freilich seien durch alles dies nur Thatsachen festgestellt, ohne dass für sie eine Erklärung geboten würde.

Von Greens Hypothese zeigt Arldt, dass sie den Thatsachen nicht gerecht wird. Die vorstehend genannten Hypothesen nehmen keine Rücksicht auf den vertikalen Aufbau des Landes, dies thut erst Suess. Nach seiner Meinung erklärt sich die Zuspitzung der Tafel- und Schollenländer des atlantischen Typus aus dem Zusammentreffen von Senkungsfeldern, deren grössere Entwickelung gegen

Süden liege, der pazifische Typus des Küstenverlaufes stehe dagegen in enger Beziehung zu jugendlichen Kettengebirgen, und gerade bei Südamerika habe an der hornförmigen Zuspitzung der umschwenkende Faltenzug der Kordillere wesentlichen Anteil. Indessen bemerkt Arldt, es dürfte die Westküste Südamerikas auch schon vor der Angliederung der Anden eine ähnliche Form besessen haben als heute, abgesehen von dem südlichen Teile von Chile und von Patagonien.

Das Bergland von Antioquia im nordwestlichen Kolumbien. Vom Juli 1896 bis Mai 1897 unternahm Fr. Regel von Jena aus eine Forschungsreise nach Westindien, Venezuela, Kolumbien und lernte auf derselben insbesondere das Departamento Antioquia im nordwestlichen Kolumbien durch acht kleinere und grössere Reisen näher kennen, die von seinem Standquartiere Medellin aus vom September bis Anfang Mai ausgeführt wurden. Er drang im Gebiete der Westkordillere bis Dabeiba am Rio Sucio vor und war namentlich bestrebt, die zum Berglande von Antioquia sich ausbreitende Zentralkordillere zwischen dem Rio Cauca und Rio Magdalena zu erforschen, um hier die Arbeiten von Bogenhardt, Boussingault, Reiss, Schenck, Hettner u. a. nach Kräften zu vervollständigen.[1])

Über seine Forschungen hat er sich in der Physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg kurz verbreitet, und entnehmen wir dieser Quelle das folgende.

Die genauere geologische Erforschung dieser grossartigen Gebirgsländer ist schwierig, da es sich grösstenteils um krystallinische Gesteine, wohl ausschliesslich archäischen Alters handelt: Granite sind weit verbreitet und bieten häufig sehr charakteristische, die Landschaft weithin beherrschende Denudationsformen dar, wie den Peñon de la Ceja, den Peñon de Entrerios u. a. m. Die Gneise, Glimmerschiefer und Phyllite sind meist stark zusammengefaltet, im südlichen Teile von Antioquia treffen wir auch kontaktmetamorphe Gesteine (Chiastolithschiefer z. B.), wir treten hier in das Gebiet der grossen Vulkane ein, die sodann weiter nach Süden zu (in dem Departamento Cauca) eine noch viel grössere Rolle spielen (Ruiz, St. Isabel, Tolima u. s. w.). Im Westen gegen das Caucathal zu ist in Antioquia das archäische Grundgebirge ungleichförmig überlagert von viel jüngern Sedimentschichten kretaceischen und wohl auch tertiären Alters; es treten hier Kohlensandsteine mit Kohlenflözen und mächtigen Geröllbänken auf, doch bieten die Pflanzenreste allein, da tierische Leitfossilien überaus selten sind, wie auch die verkieselten Hölzer dieser Gegenden (z. B. aus der Nähe von Fredonia) für die Altersbestimmung der Schichten bis jetzt nur allgemeine Anhaltspunkte.

---

[1]) Sitzungsberichte der Physikal.-medizin. Ges. zu Würzburg 1900. No. 4.

In tektonischer Hinsicht liegt im Norden wohl ein Abbruch vor gegen das Schwemmland des untern Cauca, Nechi und des nördlichen Magdalena, und erst in der Sierra Nevada de Santa Marta erhebt sich das nördliche Gegenstück dieses Grabeneinbruches, das dem Steilabbruche mehrerer Ketten der Ostkordillere gegen die Maracaiboniederung zu entsprechen scheint. Auch gegen Osten scheinen Abbrüche vorhanden zu sein, doch bedürfen die tektonischen Verhältnisse dieses nördlichen Teiles der Zentralkordillere noch weiterer Klärung, wie die archäischen Gesteine durch hierfür besonders geschulte Petrographen einer nähern Untersuchung unterzogen zu werden verdienen. Einen verwickelten Gebirgsbau zeigt auch die Westkordillere.

Besondere Aufmerksamkeit verwendete Regel auf die Feststellung der orohydrographischen Verhältnisse und hat zahlreiche barometrische Höhenmessungen vorgenommen.

3. Boden- und Erdtemperatur.

Die Wärmeleitung im Erdboden ist von J. Schubert an der Hand der Theorie von Fourier und Poisson untersucht[1]) und mit den Daten der Beobachtung zu Eberswalde verglichen worden. Es ergab sich bezüglich der Verzögerung gegenüber der Oberflächentemperatur eine genügende Übereinstimmung der Theorie mit den Beobachtungen.

Die Wärmeverhältnisse im Kohle führenden Gebirge sind von H. Hoefer studiert worden.[2]) Die grossen Unterschiede der geothermischen Tiefenstufen in verschiedenen Gegenden haben schon früher zu Erörterungen über die Ursache derselben geführt. Die Arbeit der Kommission, welche über die Teplitzer Thermenkatastrophe von 1894 zu berichten hatte, liefert die Hauptmasse des notwendigen Materiales. Man war damals zum Teil der Ansicht gewesen, dass durch einen Zweigstrang heissen Wassers die ungewöhnliche Tiefenstufe von nur 16,8 (statt 32) m in der Nähe des Brüxer Flötzes verursacht sei; Hoefer dagegen kam zu dem Schlusse, dass dieses Kohlenflötz als eine selbständige Wärmequelle betrachtet werden müsse. Die Analyse des Kohlungsprozesses bestätigt diese der unmittelbaren Erfahrung entnommene Befürchtung. Das erwähnte, nordböhmische Kohlenflötz ist für sich allein, kraft der in seinem Innern sich stetig vollziehenden chemischen Metamorphosen, die Ursache der erwähnten Unregelmässigkeit, die bei zunehmender Annäherung an das Flötz noch greller hervortritt.

Natürlich kann das nämliche auch durch Lakkolithenbildung hervorgerufen werden; im vorliegenden Falle jedoch genügt die progressive Verkohlung, um mit ihrer Hilfe eine zureichende Erklärung für die Erscheinung in allen ihren Teilen zu geben.

---

[1]) Physikal. Zeitschrift. 1. No. 41. p. 442.
[2]) Österr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1901. 49.

4. Erdmagnetismus.

Der absolute Wert der erdmagnetischen Elemente am 1. Januar 1901 ist für die Station Parc Saint Maur, Val Joyeux, Perpignan und Nizza von Th. Moureux aus den regelmässigen Aufzeichnungen der Apparate abgeleitet worden, genau so wie im vorigen Jahre.[1]) Da die Beobachtungen in Parc Saint-Maur infolge des elektrischen Strassenverkehres sich immer schwieriger gestalten, so wird eine Ersatzstation in Val Joyeux geschaffen. Folgendes sind die erhaltenen Werte:

	Parc St. Maur	Val Joyeux	Perpignan	Nizza
Westl. Deklination . .	14°43,78′	15°14,4′	13°34,77,	11°57,95′
Inklination	64 51,9	64 59,9	59 57,5	60 9
Horizontalkomponente .	0,19755	0,19662	0,22450	0,22425
Vertikalkomponente . .	0,42106	0,42161	0,38819	0,39077
Nordkomponente . . .	0,19106	0,18971	0,21822	0,21968
Westkomponente . . .	0,05023	0,05168	0,05271	0,04650
Gesamtkraft	0,46510	0,46520	0,44844	0,45054

Der Längenunterschied zwischen den beiden ersten Stationen beträgt 29′, die Differenzen der Deklination müssten daher nur etwa 13′ betragen, während die Beobachtung 30,6′ ergiebt. Da ferner die Breite beider Orte ziemlich die gleiche, und ihr Abstand gering (36 km) ist, so müssten die Inklination und die Horizontalkraft fast den gleichen Wert haben; aber erstere ist in Val Joyeux um 8′ grösser und letztere um 0,000 93 kleiner als in St.-Maur. Dies hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass die neue Station im Wirkungsgebiete der magnetischen Anomalie des Pariser Beckens liegt.

Aus der Vergleichung mit dem Stande der magnetischen Elemente vom 1. Januar 1900 ergiebt sich die nachstehende Säkularänderung:

	Parc St. Maur	Perpignan	Nizza
Deklination	—3,78′	—5,48′	—3,48′
Inklination	—8,8	—2	—1,4
Horizontalkomponente .	+0,00044	+0,00029	+0,00009
Vertikalkomponente . .	—0,00011	—0,00002	+0,00022
Nordkraft	+0,00048	+0,00066	+0,00014
Westkraft	—0,00010	—0,00028	—0,00023
Gesamtkraft	+0,00009	+0,00013	+0,00015

Von 1883 bis 1898 war im allgemeinen die Säkularänderung der Deklination grösser und die der Inklination kleiner im Norden als im Süden von Frankreich; seit zwei Jahren ist das Umgekehrte eingetreten.[2])

Die tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente ist von Professor Dr. E. Fritzsche dargestellt. Diese Arbeit ist die vierte des Verfassers über die Bestimmung der Elemente des Erdmagnetismus mit Hilfe der Gaussischen allgemeinen Theorie und der Beobachtungen. Seine bisher erschienenen Schriften hierüber sind betitelt:

1. Über die Bestimmung der Koeffizienten der Gaussischen allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus für das Jahr 1885 und über

---

1) Dieses Jahrbuch 11. p. 159.
2) Compt. rend. 1901. 132. p. 90.

den Zusammenhang der drei erdmagnetischen Elemente untereinander. St. Petersburg 1897,

2. Die Elemente des Erdmagnetismus für die Epochen 1600, 1650, 1700, 1780, 1842 und 1885, und ihre säkularen Änderungen, berechnet mit Hilfe der aus allen brauchbaren Beobachtungen abgeleiteten Koeffizienten der Gaussischen allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus. St. Petersburg 1899.

3. Die Elemente des Erdmagnetismus und ihre säkularen Änderungen während des Zeitraumes 1550—1915. Publikation III. St. Petersburg 1900.

Sie enthalten die erdmagnetischen Elemente für die Epochen 1550, 1600, 1650, 1700, 1780, 1842, 1885, 1900 und 1915 und ihre säkularen Änderungen, sowie eine Untersuchung, über das Verhältnis der innern und äussern Kräfte,[1]) welche den magnetischen Zustand an der Erdoberfläche bedingen.

Die obige Schrift giebt die Resultate einer Untersuchung über die tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente für zwei Jahreszeiten — Sommer und Winter —, welche Verfasser auf Grund der Gaussischen allgemeinen Theorie[2]) und der stündlichen Beobachtungen an 27, zwischen den Parallelen + 80° und — 56° liegenden Orten angestellt hat.

Eine derartige umfassende Berechnung war bis jetzt nicht ausgeführt worden, da Prof. A. Schuster in seiner Abhandlung über die tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente eine durchaus ungenügende Anzahl von Beobachtungsorten, nämlich Bombay, Lissabon, Greenwich und Petersburg benutzt hat, welche nur einen sehr geringen Teil der Erdoberfläche umfassen.

5. Erdbeben.

Die Erdbeben Italiens. Eine überaus wichtige sozusagen erschöpfende Darlegung aller Nachrichten über Erdbeben in Italien vom Beginne unserer Zeitrechnung bis Ende 1898 hat Mario Baratta geliefert.[3]) In Bezug auf Sorgfalt und kritische Genauigkeit der Litteraturangaben ist diese Arbeit ein Muster. Im ersten Teile derselben werden 1364 Erdbeben aufgezählt, d. h. nur diejenigen, welche in ihren Wirkungen der Skala 10—12 von Rossi entsprechen. Darauf wird die geographische Verteilung derselben behandelt, wobei Verfasser 24 seismische Distrikte unterscheidet und vortreffliche kartographische Darstellungen derselben liefert. Eine grosse von Baratta bearbeitete Carta Sismica d'Italia enthält sämtliche ermittelte Schüttergebiete und Lokalitäten, ist jedoch etwas unübersichtlich. Auf Grund

[1]) Mit »innern« Kräften sind die Agentien bezeichnet, welche ihren Sitz innerhalb der Erdrinde und mit »äussern« diejenigen, welche ihn ausserhalb derselben haben (z. B. in der Atmosphäre).

[2]) Cf. Gauss' Werke, Band V, § 36 — § 41.

[3]) I terremoti d'Italia Torino 1901.

derselben hat Prof. G. Gerland eine kleinere sehr instruktive Karte der »Verteilung der Erdbebenthätigkeit in Italien« ausgearbeitet[1]), welche in drei Farbenabstufungen in Flächendruck diese vorführt. Aber auch die vierte Stufe, nämlich die weiss gebliebene Fläche, welche die seismisch immunen Gebiete umfasst, also diejenigen, in welche nur Bewegungen aus den benachbarten Gebieten übergreifen, ohne direkte Stösse, ist von Wichtigkeit. Prof. Gerland bemerkt erläuternd zu dieser Karte[2]) und zu der Karte nebst dem Erläuterungshefte Barattas folgendes:

„Die Grenzen der alpinen Erdbeben, sowie der mittlern seismischen Hauptzone der Halbinsel von Parma und Ferrara an über den nördlichen, den zentralen und südlichen Apennin bis zur Ebene des Krati, wie sie das vom Verfasser entworfene Kartenbild zeigt, stimmen im West und Ost sehr genau zu den Grenzen, welche Ed. Suess den Alpen und den Apenninen giebt, sehr genau ferner zu den Grenzen der eocänen und kretaceiischen Sedimente, wie sie die Internationale geologische Karte bringt, und vor allen Dingen, seine Darstellung beruht auf den Einzeichnungen Barattas, welcher das Beobachtungsmaterial zweier Jahrtausende aufs sorgfältigste verwertet hat. Vergleicht man nun die in Bezug auf Terraindarstellung doch gar zu nüchterne Karte Barattas mit Vogels prächtigen topographischen Blättern, mit der Internationalen geologischen Karte, so zeigt sich als wichtigstes Ergebnis die ausserordentlich grosse seismische Unruhe des Hauptgebirgs- und Höhenzuges der Apenninen, die viel lebhafter bewegt sind, als die Alpen, als die abgesunkenen, von so zahlreichen und mächtigen Vulkandurchbrüchen gestörten Westgegenden. Die Hauptschüttergebiete decken sich mit den ligurisch-etrurischen, dem römischen Apennin, dem Gran Sasso-Majella-Matesestock und gehen von letzterem, Apulien beiseite lassend, nach Calabrien und Sizilien. Dann der Gegensatz zwischen der Ost- und Westseite der Halbinsel; erstere, die Abdachung des Apennin, ist das bewegtere, die westliche, trotz des Abbruches, trotz der Vulkane, das ruhigere, ja stellenweise ganz immune Gebiet. Besonders merkwürdig ist das seismische Verhalten Calabriens. Zunächst ist auf die Immunität der Kratiebene, der breiten Senke zwischen dem südlichsten Eocänmassiv der Halbinsel und den krystallinischen Massen der Sila zu achten, dann aber ist die Immunität dieser krystallinischen Stöcke der Sila, des Pekoraro, des Aspromonte sehr merkwürdig, umsomehr, als sie ost- und westwärts von seismischen Gebieten umgeben und gerade die Erdbeben der calabrischen Westküste durch ihre besonders grosse Häufigkeit und Heftigkeit berühmt sind. Daher hat man fälschlich dem ganzen Calabrien eine so starke Seismizität zugeschrieben; Barattas Karte, richtig gelesen, beweist uns zum erstenmal die Irrigkeit dieser Ansicht ganz unwiderleglich.

Und auch sonst bietet Karte und Erläuterungsheft noch viel Interessantes: so, wenn Baratta aus dem Erdbeben Maltas, die stets mit denen des südöstlichen Siziliens übereinstimmen, auf den alten Zusammenhang der Insel mit Sizilien schliesst; so das Übergreifen der Beben in das adriatische, ligurische, tyrrhenische Meer. So ferner die geringe Seismizität der nordwestlichen Alpen, wo sich nur das Massiv des Montblanc hervorhebt; die grosse Ruhe Piemonts neben der Unruhe des östlichen Teiles der Poebene westlich und südlich des Gardasees und dieses Sees selber — Gegenden, die freilich einem sehr schicksalsreichen Teile der Alpen vorgelagert sind — und dann wieder die völlige Immunität der Euganeen, der Monti Berici. Auch die seismische Immunität Elbas und seiner Nachbarinseln ist

[1]) Petermanns Mitteilungen 1901. Tafel 20.
[2]) A. a. O. p. 270.

auffallend. Baratta weist zu ihrer Erklärung auf die grosse und rasch einsetzende Tiefe ($^1/_2$—1 *km*) des tyrrhenischen Meeres hin. Ich glaube, wir müssen auch an die krystallinische Beschaffenheit der Insel (Glimmerschiefer, Granit, freilich auch Porphyre und Ophite) denken und zum Vergleiche die krystallinen Massive Calabriens herbeiziehen. Dazu kommt aber noch ein sehr wichtiger Umstand: das seismische Verhalten Korsikas und auch Sardiniens, von welchen Inseln in den Terremoti nur ganz wenige Notizen gegeben werden. Mögen freilich hier manche, wohl auch starke Erdbeben unbeobachtet bleiben und geblieben sein; viele der beobachteten Erschütterungen waren nur übertragene (von Ligurien, Algier), und jedenfalls ist die Seismizität beider Inseln viel geringer als die Italiens, sonst wären die Berichte reichlicher. Diese grössere Immunität beider grossen Inseln, die an Vulkanbildungen so reich sind, ist durchaus beachtenswert. Sie stimmt, wie auch die geognostische Beschaffenheit derselben, genau zu Elba. Um so wünschenswerter freilich wäre es, dass wir auch von Sardinien und Korsika öftere, womöglich regelmässige Nachrichten erhielten. Auch hier also zeigen sich die vulkanischen Gebirge seismisch nicht sehr rege, wie ja auch in Italien selbst die vulkanischen Distrikte das gleiche zeigen, vielleicht mit Ausnahme des Ätna, der übrigens, nach Barattas Karten, nur zu den sekundären Gebieten gehört. Der Volture und seine Umgebung sind freilich seismisch sehr stark bewegt, dies kann aber auch Folge der Erdbebenthätigkeit des dortigen Apenninenzuges sein, so dass der Volture nur passiv bewegt wäre."

Das Erdbeben von Agram am 9. November 1880 ist von E. G. Harboe auf Grund der von F. Wähner früher gesammelten Zeitangaben einer genauen Untersuchung unterzogen worden.[1]) Dieses Beben und seine Nachbeben sind durch die genauen Untersuchungen des österreichisch-ungarischen militärgeographischen Institutes über die Niveauveränderungen, welche dadurch hervorgebracht wurden, von ganz besonders hervortretender Bedeutung für das seismische Studium. Namentlich sind diese Untersuchungen durch den glücklichen Umstand wertvoll, dass gerade ziemlich unmittelbar vor der genannten Reihe von Erdbeben Präzisionsnivellements auf einer Linie »Agram-Jaska« (1879) und auf den Linien »Agram-Rann«, »Agram-Vrbovec« und »Agram-Lekenik« (1878) vollführt waren, so dass es durch diese Nivellements in Verbindung mit Präzisionsnivellements auf denselben Linien unmittelbar nach derselben Reihe von Erdbeben, und zwar 1885 und 1886, gelungen ist, die nur in der Erdbebenperiode entstandenen Niveauveränderungen zu finden. Von der ganzen Erdbebenreihe wird wieder das Hauptbeben am 9. November 1880 in Agram um 7 Uhr 27 Minuten 38 Sekunden Prager Zeit a. m. von besonderer Bedeutung, weil kein Vorbeben bemerkt wurde, und die Ursache der ganzen Erdbebenreihe folglich beim Hauptbeben in ihrer vollständigsten Entwickelung zugegen gewesen sein muss, indem die Nachbeben nur die Arbeit weiter vollführt haben können, die mit dem Hauptbeben angefangen war. Als der zuverlässigste Weg zur Erkennung der wahren Natur des Erdbebens hat Harboe so weit wie möglich nur die Wahrnehmungen,

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1900. 4. Heft 3—4. p. 406.

die direkt oder indirekt das betreffende Erdbeben angehen, berücksichtigt, während alle Vorstellungen, die man sich theoretisch oder auf andere Weise von Erdbeben gemacht haben mag, ausser acht gelassen werden.

Wenn man auf Grund der vorliegenden Zeitangaben in einer Karte die Orte, an welchen das Beben in denselben Momenten sich fühlbar machte, durch Linien verbindet, so erhält man sogenannte Zeitkurven (K. v. Seebachs Homoseisten), und wenn man die verschiedenen und in ungleichen Tiefen liegenden Punkte, von denen die Erdbebenwellen ausgehen, auf die Erdoberfläche projiziert denkt und durch eine Linie verbindet, so erhält man die vom Verfasser sogenannte Herdlinie. In der vom Verfasser entworfenen Karte zieht sich diese letztere von den dalmatischen Inseln durch Istrien, östlich von Triest auf Laibach zu, läuft von hier unmittelbar nördlich an Agram vorüber, wendet sich dann nordostwärts und zieht bis nahe in den Donauwinkel zwischen Komorn und Budapest. »Weil die Ursachen des Erdbebens, von welcher Art dieselben auch sein mögen, an den Stellen, wo die Entwickelung der Erdbebenwellen geschehen ist, zu suchen sind, so müssen sie sich längs der Herdlinie befunden haben. Die kurze Dauer, die der unmittelbar fühlbare Teil des Erdbebens an jedem einzelnen Orte gehabt hat, spricht dafür, dass die Herde sich nicht bedeutend seitwärts von der senkrechten Fläche durch die Herdlinie verbreitet haben können.«

Was nun zunächst die etwaigen Niveauveränderungen an der Erdoberfläche anbetrifft, so stehen für deren Ermittelung die trigonometrischen Messungen des österreichisch-ungarischen militärgeographischen Institutes in den Jahren 1816, 1855 und 1886 zu Gebote. Unter der Voraussetzung, dass der Mittelpunkt einer gewissen Verbindungslinie zwischen den Punkten S. Martin und Ivanik Turm seine Höhe unverändert bewahrt habe, giebt folgende Tabelle die unmittelbaren Niveauveränderungen:

Im Zeitraume	1816—1855	1855—1886
Agram, Domkirche	—2.68 *m*	+1.41 *m*
Agram, Markuskirche	—	+1.23 »
Bistra	—0.81 »	+1.33 »
Kozil	+0.73 »	+0.66 »
Plesivica	—0.30 »	+0.02 »
S. Martin	+0.04 »	+0.17 »
Ivanic Turm	—0.04 »	—0.17 »

Diese grossen Niveauveränderungen sind von den in der folgenden Tabelle angegebenen horizontalen relativen Verschiebungen der betreffenden Fixpunkte begleitet gewesen. »Weil man hierbei vorausgesetzt hat, dass die zwei Punkte Plesivica und Ivanic Turm ihren Platz unverändert bewahrt haben, was in sich nicht weniger als drei Voraussetzungen einschliesst, nämlich, dass der eine der zwei

Punkte seinen Platz, dass die Linie zwischen den zwei Punkten sowohl ihre Richtung und drittens auch ihre Länge bewahrt hat, wird man aus diesen Verschiebungen kaum etwas anderes schliessen können, als dass auch säkulare horizontale Bewegungen von einer eigentümlichen, ganz verworrenen Beschaffenheit in der Erdrinde stattgefunden haben.

Im Zeitraume	1816—1855	1855—1886
Agram, Domkirche .	1.37 *m* gegen W 70.4° N	0.39 *m* gegen W 52.3° S
Agram, Markuskirche	—	0.51 » » W 64.4° S
Bistra	2.69 *m* gegen O 37.8° N	1.11 » » W 48.3° S
Kozil	1.56 » » W 85.1° S	0.19 » » W 36.3° N
S. Martin	0.58 » » W 18.1° N	0.37 » » O 7.7° N

Die Resultate der Nivellements des militärgeographischen Institutes 1878—1879 und 1885—1886 sind von Oberstleutnant F. Lehrl[1]) unter der Voraussetzung, dass der eine Endpunkt »Rann« der Linien seine Höhe unverändert bewahrt habe, dargestellt worden.

Es geht aus derselben hervor, dass die Niveauveränderungen in der Erdbebenperiode 1878—1879 bis 1885—1886 durchgängig so klein in Vergleich mit den durch die trigonometrischen Höhenmessungen für den Zeitraum 1855—1886 gefundenen Niveauveränderungen gewesen sind, dass man die letztern als allein im Zeitraume 1855 bis 1878—1879 entstanden betrachten kann, was deshalb vom Verfasser angenommen wird.

Das Vorkommen der erwähnten verworrenen Horizontalverschiebungen zeigt nach Harboe, dass die säkularen Bewegungen in der Erdrinde die tangentiellen Seitendrucke in derselben verändert haben, so dass sie entweder fortwährend vergrössert oder fortwährend verkleinert worden sind. »Hätten die Seitendrucke eine Verkleinerung erlitten, so wäre zunächst anzunehmen, dass die Erdbeben durch Brüche in der Erdrinde entstanden seien. In Gegenden, die wie die hier besprochenen nicht vulkanisch sind, dürfte dies jedoch sehr unwahrscheinlich sein. Die senkrechten Bewegungen müssten dann ausserdem in der Erdbebenperiode am grössten und nicht so klein wie im betrachteten Falle gewesen sein. Diese Annahme ist deshalb nicht zulässig. Die Annahme von einer Seitendruckvergrösserung in der Erdrinde erklärt dagegen vollständig alle die vorgefundenen Niveauveränderungen.«

Verfasser kommt zu dem Schlusse, »dass eine säkulare Senkung eine horizontale Zusammenpressung des Erdrindenmateriales längs der Herdlinie hervorgebracht hat, welche Zusammenpressung ihrerseits die Erdbeben verursachte. Weil die Erdbeben ohne Vergleich am stärksten und am beharrlichsten in und rings um Agram gewesen

[1]) Mitteilungen d. militärgeographischen Institutes 1895. 15. Wien 1896.

sind, muss die Zusammenpressung hier am stärksten gewesen sein und sich von hier aus am weitesten zu beiden Seiten der Herdlinie erstreckt haben. Sie nahm dann in beiden Richtungen stark ab, um zuletzt bei den Enden der Herdlinie allmählich zu verschwinden.«

Es liegt nach Harboe nahe, »die Herdlinie als die Axe des Senkungsgebietes zu betrachten, und unter genügender Rücksicht auf die speziellen örtlichen Verhältnisse, sowie auf Interferenzerscheinungen darf man schliessen, dass die Isoseismen die Grösse der vom Erdbeben verursachten Senkungen angeben.«

Schliesslich bemerkt Verfasser, dass, weil die Senkungen in den hier betrachteten Gegenden und weiter, soweit die periadriatischen Brüche reichen, sich von ihrem Anfange in der Tertiärzeit bis zur Jetztzeit fortgesetzt zu haben scheinen, es wohl nicht zu kühn sein dürfte anzunehmen, dass die Erdbeben in diesen Gegenden von jeher dieselbe Beschaffenheit wie die hier untersuchten hatten.

Die seismometrischen Aufzeichnungen in Strassburg 1895 und 1896 sind vom Prof. E. Rudolph bearbeitet worden.[1]) Es sind in dem Zeitraume vom Ende März 1895 bis Mitte März 1896 200 seismische Störungen aufgezeichnet. Im Verlaufe der Arbeit stellte sich die Notwendigkeit heraus, aus den Jahren 1889—1892 eine grosse Reihe von Störungen genauer als es von Dr. v. Rebeur bereits geschehen war, auszumessen. Ebenso mussten mehrere Störungen, die in Nikolajew und in Charkow 1894 registriert waren, auf die Festlegung der Phasen hin untersucht werden. Dieses reichhaltige Material wurde alsdann zur Ermittelung von seismischen Koinzidenzen mit einer grossen Zahl von Erdbebenverzeichnissen verglichen. Die in Betracht kommenden Störungen sind endlich übersichtlich zusammengestellt und bearbeitet worden. Auf diese Weise hat Prof. Rudolph ein gesichertes Beobachtungsmaterial zustandegebracht, wie es bisher für die in Betracht kommende Frage der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen noch nicht vorlag.

Über die geologischen Wirkungen des indischen Erdbebens vom 12. Juni 1897 verbreitete sich Johannes Walther[2]) auf Grund des von G. D. Oldham darüber gelieferten Berichtes. Der zerstörende Stoss erfolgte ohne jede Warnung an jenem Tage 5 Uhr abends, wobei den Angaben nach die Bewegung des Erdbodens 1—5 Minuten gedauert, und der Boden in Wellen von 1—3 Fuss Höhe geschwankt haben soll. Die dauernden Veränderungen der Erdoberfläche in Assam, dem Grenzgebiete zwischen der bengalischen Tiefebene und dem Himalaya sind es, welche wissenschaftlich von besonderer Bedeutung erscheinen. Jenes Gebiet gehört zu den

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik 1901. 5. p. 97.
[2]) Potoniés Wochenschrift 1901. N. F. Nr. 1. p. 2.

regenreichsten der Erde, aber alle Höhen sind von dichtem Walde bedeckt, wodurch die rasche Abtragung des tief ins Innere verwitterten Bodens hintangehalten wird. Durch das Erdbeben wurden in den Garobergen meilenweit fast alle Thalwände freigelegt, indem die Wälder zur Tiefe glitten. Die so von Vegetation entblösste Landschaft glich nun einer solchen in Colorado, die von Cañons durchschnitten ist. „Wir sehen hier also infolge der Wirkung eines nur wenige Minuten dauernden Erdbebens die Kraft der Erosion des Wassers ungeheuer gesteigert; in einem durch dichten Urwald geschützten, kumulativ verwitterten Gebiete werden Kubikkilometer abgetragen und als neue Gesteine in der Ebene abgelagert. Manche Ablagerungen aus ältern Erdperioden, wie die mächtigen Konglomerate des Oberrotliegenden in Thüringen mögen die Wirkungen solcher Erdbeben sein.

Viel interessanter als die in Gebäuden entstandenen Spalten sind die Klüfte, die sich während des Erdbebens im Boden gebildet haben. Zwischen Dirma und Dektu entstand eine etwa 20 *km* lange Dislokation, fast genau parallel einem dort fliessenden Wasserlaufe. Auf vorher ebenem Gebiete erschienen hier plötzlich Terrainstufen von mehrern Metern Höhe, so dass an mehrern Stellen grosse Wassertümpel abgedämmt wurden, an andern Orten Wasserfälle entstanden. Eine Verwerfung schnitt bei Samin eine durch den Wald führende Strasse, gerade an der Stelle, wo die Fundamente eines Hauses die Höhe der Verschiebung deutlich auf 8 *m* abschätzen lassen. Stellen, die vorher völlig eben waren, zeigen jetzt mehrere Meter hohe Böschungen, und sogar das Eisenbahngeleis bei Nilphamari wurde von einer etwa 2 *m* hohen Verwerfung geschnitten. Die dicke Decke von verwittertem Gesteine, die in Assam fast überall den anstehenden Felsen verbirgt, hat es vielfach unmöglich gemacht, diese Hebungen und Senkungen des Bodens überall deutlich zu verfolgen. Um so wichtiger war es daher, dass das Gebiet nach dem Erdbeben noch einmal trigonometrisch vermessen wurde. Hierbei hat sich ergeben, dass die Höhe einzelner Stationen um den Betrag von 17 und 24 Fuss sich verändert hatte. Gleichzeitig aber ergab diese Messung auch eine Anzahl so beträchtlicher Änderungen in der Lage der Dreieckspunkte, dass man auf eine horizontale Verschiebung einzelner Erdschollen schliessen muss. Die Station Landau Modo wurde um 12 Fuss nach NW verschoben, und die Entfernung zwischen diesem Punkte und der Station Mautherrichan verlängerte sich um $8^1/_2$ Fuss. Mehrfach konnte man diese Bodenbewegungen auch direkt beobachten. So wurden die Schienen bei Rangapara mehrfach zickzackförmig hin und her gebogen und gestaucht.

Verf. weist darauf hin, dass die Spalten (Diaklasen) im Gebirge, die keinem Gesteine fehlen, besonders aber die Sandsteine in regelmässige Quadern gliedern und die Zerklüftung der Granitberge bedingen, gegenwärtig noch vielfach auf die Abkühlung vulkanischer oder

Eintrocknung mariner Gesteine zurückgeführt werden, während es nach seiner Ansicht richtiger wäre, sie als die Wirkungen von Erdbeben zu betrachten, die im Laufe der geologischen Zeiträume kein Gebiet der Erde verschonten. Die vielen Spalten, die bei Erdbeben Häuser und Mauern durchsetzen, führen notwendig zu dieser Vorstellung. Auf diese Weise erscheint eine Anzahl weit verbreiteter Bildungen in der obersten Erdrinde als die Wirkung vorgeschichtlicher Erdbeben.

Die Fernbeben im Jahre 1897. Prof. E. Rudolph hat[1]) eine vergleichende Zusammenstellung der auf den Stationen Strassburg, Nikolajew, Charkow, Potsdam, Dorpat, Shide, Padua, Siena, Verona, Ischia, Catania, Rom, Rocca di Papa, Pavia, Portici, Mineo, Edinburgh, Florenz, Spinea, Laibach, Toronto registrierten mikroseismischen Störungen gegeben. Das von Jahr zu Jahr sich immer weiter ausdehnende Netz von seismischen Stationen und die damit stetig zunehmende Zahl von Beobachtungen mikroseismischer Störungen macht eine Zusammenfassung der eingehenden Beschreibungen in knapper und übersichtlicher Form zur Notwendigkeit. Erst in dieser Gestalt werden die zahlreichen und zum Teil sehr ausführlich gehaltenen Beschreibungen der Störungen für den einzelnen verwendbar. Gleichzeitig erhält man auf diese Weise wohl am besten einen klaren Überblick über die Verbreitung der seismischen Störungen über die Erde, sowie die Fortpflanzung der seismischen Wellen. Endlich — und das ist nicht der geringste Vorteil dieser Zusammenstellung — wird man sich aus dem verschiedenen Verhalten der mannigfachen Systeme seismischer Apparate den Störungen gegenüber ein Urteil über die Verwendbarkeit und den relativen Wert derselben bilden können.

Das Rudolfsche Verzeichnis besteht aus 16 Kolumnen, von denen 1—3 der Reihe nach die laufende Nummer, das Datum und die Namen der Stationen enthalten, auf welchen die Störungen registriert worden sind. Die Beobachtungsstationen sind bei jeder Störung so geordnet, wie sie nach dem Anfange der Störung aufeinander folgen. Kolumne 4—12 machen den Hauptteil der Tabelle aus und bringen die Anfangszeiten der Phasen einer jeden Störung, soweit dieselben vorhanden sind, ferner die Zeit für den Maximalausschlag der Störung und das Ende. Neben jeder Phase und ebenso neben dem Maximum ist die Amplitude und Periode der Schwingungen angeführt. Beide Angaben beziehen sich, soweit nicht besondere Ausnahmen gemacht sind, auf das Maximum der betreffenden Phase.

Bei den Horizontalpendeln mit optischer Registrierung ist es wegen der geringen Geschwindigkeit, mit der sich das lichtempfindliche Papier fortbewegt, nicht möglich, die Dauer der Schwingungsperiode anzugeben. Nur auf den von den schweren Pendeln gelieferten Seismogrammen, bei denen sich das Papier mit grosser Geschwindigkeit bewegt, lässt sich die mittlere Dauer der Schwingungsperiode berechnen. Die für beide Grössen, Amplitude und Periode, gegebenen Werte gelten für die ganze Amplitude, bezw. doppelte Schwingung.

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1901. 5. p. 1.

Nicht bei allen Störungen lassen sich drei Phasen unterscheiden, bei den kleinern, die wahrscheinlich von verhältnismässig nahen Beben herrühren, fehlt entweder die mittlere Phase, oder sie lässt sich wenigstens nicht mit Sicherheit nachweisen. In einem solchen Falle folgt auf die erste Phase der kleinen und schnellen Schwingungen unmittelbar diejenige, welche das Maximum der Schwingungen enthält. Wenn also der Reihenfolge nach diese Phase auch die zweite Stelle einnimmt, so ist sie in der Tabelle doch, eben wegen ihrer Verbindung mit dem Maximum der Störung, unter die 3. Phase, Kolumne 8 und 9, gesetzt. An dem Fehlen der Angaben für die 2. Phase, Kolumne 6 und 7 der Tabelle, erkennt man demnach mit ziemlicher Sicherheit, dass die Störung aus einem verhältnismässig nahen Epizentrum stammt. Alle Zeiten sind in MEZ gegeben, die Stunden von Mitternacht (0h) bis Mitternacht gezählt.

Das Verzeichnis umfasst 168 Nummern und enthält auch Angaben über den Ursprung, wenn derselbe sich mit Sicherheit nachweisen lässt. Hinsichtlich des makroseismischen Gebietes ist nur der Name des Landes angeführt, in welchem das Erdbeben verspürt worden ist. Die Ausdehnung der Schütterfläche genauer zu bestimmen, verbot die Rücksicht auf den Charakter der Tabelle und den beschränkten Raum. Das Epizentrum ist nur dann angegeben, wenn es sich mit einiger Sicherheit hat nachweisen lassen. Für manche andere Störungen wäre es vielleicht noch möglich gewesen, aus dem Vergleiche der Zeit des Eintreffens der seismischen Störung auf mehrern Stationen wenigstens die Richtung anzudeuten, aus welcher die Erdbebenwellen gekommen sein können. Verf. hat davon Abstand genommen, Vermutungen darüber auszusprechen, weil für den grössten Teil des Jahres 1897 nur europäische Stationen in Betracht kommen, und deren Zahl sowohl wie Verbreitung noch nicht derart ist, das man aus ihren Angaben einen sichern Schluss auf die Herkunft der Störung ziehen könnte. Erst seit Ende Dezember 1897 kommt als erste aussereuropäische Station Toronto hinzu, wo ein Horizontalpendel (System Milne) aufgestellt ist. Die grosse Verbreitung, welche der Apparat Milnes in den nächsten Jahren gefunden hat, wird künftig für eine grössere Zahl von Störungen die Bestimmung der Richtung, aus welcher die Erdbebenwellen gekommen sind, ermöglichen, als es bisher statthaft wäre.

Überblickt man die Nachweise und vergleicht ihre Zahl mit der Gesamtzahl der im Jahre 1897 verzeichneten Störungen, so fällt der geringe Prozentsatz der nachweisbaren Koinzidenzen zwischen den bekannten Erdbeben und den Störungen auf. Für das Jahr 1897 sind alle grössern Erdbebenkataloge, welche dem Verf. zugänglich waren, auf etwaige Koinzidenzen hin nachgesehen worden. Möglicherweise werden sich später noch mehr Koinzidenzen herausstellen. Immerhin wird für die weitaus grösste Zahl der Störungen der seismische Ursprung in Dunkel gehüllt bleiben. Es kann, sagt Prof. Rudolph nicht dringend genug betont werden, dass, soll die seismische Forschung weitere Fortschritte machen, das nächste Bedürfnis die Gründung von makroseismischen Beobachtungsstationen ist.

Der Hauptzweck, der in der Tabelle verfolgt ist, geht dahin, die Entwickelung der seismischen Störungen in ihren Hauptphasen vor Augen zu führen. „Schon vor mehrern Jahren hatte die seismologische Forschung zu der Erkenntnis geführt, dass bei allen grössern Störungen zwei Phasen deutlich hervortreten, die sich nach Amplitude und Periode der Bewegung wesentlich voneinander unterscheiden. Anknüpfend an die theoretischen Untersuchungen von Wertheim über die Wellenbewegung in festen und flüssigen Körpern stellte A. Cancani[1]) die Behauptung auf, dass die beiden Phasen auf zwei verschiedene Arten von Wellen, die longi-

---

[1]) Annali dell' Ufficio Centr. di Meteorol. e Geodinamica 1894. 15. (2) Parte I. p. 18—24.

tudinalen und transversalen zurückzuführen seien. Es war E. von Rebeur vorbehalten, zuerst den Nachweis zu führen, dass bei einzelnen besonders starken Störungen sich sogar drei Phasen unterscheiden lassen. So zerfällt die Störung, welche das grosse Hokkaido-Beben vom 22. März 1894 veranlasste, in drei deutlich getrennte Phasen.[1]) Bei einer genauern Durchsicht, welcher Prof. Rudolph darauf hin alle Horizontalpendelphotogramme aus den Jahren 1889—1893 unterzog, fand sich eine grössere Anzahl von Störungsfiguren, die sich durch ihren eigentümlichen Aufbau und die von Phase zu Phase stufenförmig zunehmende Schwingungsamplitude sofort als Wirkung eines Fernbebens kennzeichneten. Für mehrere derselben ist es ihm gelungen, die Koinzidenz mit einem Fernbeben nachzuweisen. In einer demnächst erscheinenden grössern Arbeit über seismische Störungen in den Jahren 1889—1897 wird er die Ergebnisse seiner Untersuchungen über diese Frage darlegen.

Bei seiner Untersuchung über das grosse indische Erdbeben im Jahre 1897 machte R. D. Oldham die Beobachtung, dass der Phase mit den schon früher bekannten langperiodischen Wellen zwei andere Phasen vorausgingen, von denen die erste den Anfang der Störung bezeichnete, die andere sich durch ein plötzliches Anwachsen der Amplitude bei gleichzeitiger Veränderung in der Periode der Welle anzeigte.[2]) Seine Vermutung, dass es sich hierbei nicht um eine zufällige, sondern um eine in der Natur der Bebenwellen begründete Erscheinung handle, fand Oldham bestätigt, als er auf diesen Punkt hin auch andere seismische Störungen der letzten Jahre untersuchte.[3]) In den beiden ersten Phasen haben wir es seiner Ansicht nach mit longitudinalen und transversalen Wellen zu thun, welche durch das Erdinnere gehen. Die dritte Phase, welche das Maximum der Bewegung bringt und aus Wellen von grosser Periode und Amplitude besteht, wird von Oldham auf Wellenbewegungen zurückgeführt, welche sich in der Erdrinde fortpflanzen. Demnach gäbe es bei den Fernbeben drei Arten von Elastizitätswellen. Auf die Frage der Wellentypen einzugehen, sagt Prof. Rudolph, liegt für mich hier keine Veranlassung vor. Was dagegen die Phasenbildung in den seismischen Störungen angeht, so bin ich durch meine Untersuchungen zu der Überzeugung gekommen, dass dieselbe sich bei jeder Störung nachweisen lässt, mag das Epizentrum des Bebens in mehr oder minder grosser Entfernung von der Beobachtungsstation liegen, mag die Intensität des Bebens grösser oder geringer sein". Von diesem Gesichtspunkte aus hat er in der Tabelle versucht, bei allen im Jahre 1897 registrierten Störungen die Phasen zum Ausdrucke zu bringen.

Das Erdbeben im Mäanderthal (Kleinasien) am 20. September 1899. Über dasselbe hat Dr. Franz Schaffer, der sich auf einer Reise im Auftrage der Wiener Gesellschaft zur Förderung der naturwissenschaftlichen Erforschung des Orients in Kleinasien befindet, genauere Nachrichten eingesammelt. Sein Bericht[4]) enthält im wesentlichen folgendes:

---

[1]) Petermanns Mitteilungen 1895. p. 13—21. 39—40. Beiträge zur Geophysik II. 1895. p. 508—518.

[2]) The Great Indian Earthquake of 1897. Memoirs of the Geol. Survey of India 1899. 29. p. 370.

[3]) On the propagation of earthquake motion to great distances. Philosophical Transactions Roy. Society of London. Series A. 1900. 194. p. 135—174.

[4]) Mitteilung der k. k. Geographischen Gesellschaft in Wien 43. p. 221 u. f.

»Die Hauptquelle meiner Darstellung ist das Technische Bureau der Ottomanischen Eisenbahn Smyrna-Dineir, dessen Ingenieure mir in liebenswürdigster Weise alle wünschenswerten Auskünfte gaben. Von grossem Werte waren für mich auch die Daten, die mir Seine Hochwürden Prof. Jung vom Collége Français du Sacré Coeur zu liefern die Güte hatte. Was ich sonst noch über das Ereignis erfuhr, ist meist von so unbestimmter oder zweifelhafter Natur, dass ich von seiner Verwenduug absehen musste.

Wohl war es meine Absicht, dem Schauplatz der Katastrophe einen Besuch abzustatten, aber ich unterliess ihn auf Anraten einiger Ortskundigen, die mir versicherten, dass jetzt von all den tektonischen Erscheinungen im Terrain kaum etwas Bemerkenswertes mehr zu sehen wäre, das die lange Reise lohne. Die heftigen Winterregen und das Nachsitzen des Erdbodens hätten fast alle Spuren verwischt. Ich sah also von einem Versuche, das Schüttergebiet selbst zu studieren, ab und bedauere nur lebhaft, dass die Gegend nicht unmittelbar nach der Katastrophe von fachmännischer Seite untersucht oder auch nur die Schäden des Bahnkörpers, der Strassen und der Wohnstätten von wissenschaftlichem Standpunkte aus aufgenommen wurden.

Am 20. September 1899 wurden die Einwohner von Smyrna in den frühesten Morgenstunden durch eine heftige Erdbewegung aus dem Schlafe geweckt. Der Boden zitterte, die Wände bebten, die Fenster klirrten, und Bilder und Lampen gerieten in schaukelnde Bewegung. Einer meiner Gewährsmänner bemerkte, dass sich das Wasser aus dem Waschbecken ergoss. Der Seismograph des Collége Français du Sacré Coeur verzeichnete um 4 Uhr 5 Min. eine 41 Sekunden dauernde, heftige Bewegung des Bodens mit einer Anfangsrichtung von SW nach NO. Wie aus den von dem seismographischen Originale genommenen photographischen Kopien zu ersehen ist, herrschte im ganzen keine bestimmte Stossrichtung vor. Die nach allen Himmelsrichtungen verlaufenden Elongationen besitzen fast durchwegs annähernd gleiche Amplituden und schneiden sich grösstenteils im Zentrum. Doch nehmen einige Kurven des Linienknäuels einen winkelig peripherischen Verlauf. Leider ist die Stärke der Vergrösserung des Seismogrammes nicht zu ermitteln. Das empfindliche Instrument ist seit der Katastrophe — also seit über fünf Monaten — nicht zur Ruhe gekommen und zeigt fortwährend ein leichtes Erzittern des Bodens an.

Was ich über die Erscheinungen im Gebiete der Verheerungen erfahren konnte, ist nicht viel. Über die Katastrophe selbst waren keine bestimmt lautenden Nachrichten zu erfragen. Die Mehrzahl der davon Betroffenen wurde im Schlafe überrascht, und in der allgemeinen Verwirrung dachte jeder nur an die Rettung seines eigenen Lebens, wenn überhaupt jemand unter den Hunderttausenden die bei der Beobachtung eines Bebens zu berücksichtigenden Punkte

kannte. Die heftige über 40 Sekunden dauernde Erschütterung legte ganze Ortschaften, ganze Stadtviertel in Trümmer; die nachfolgenden Stösse waren schwach, wenngleich noch nach mehrern Wochen fühlbar. Auch jetzt soll der Boden noch öfters leicht erzittern. Über Zahl, Stärke und Richtung der Stösse liegen keine Nachrichten vor. Die erste verheerende Erschütterung dürfte aber, nach der Dauer und den Folgen zu schliessen, zu den heftigsten seismischen Bewegungen zu rechnen sein, die die neuere Zeit zu verzeichnen hat.

In und um Smyrna wurde kein nennenswerter Schaden verursacht. Einige Häuser zeigten wohl feine Sprünge, aber das war auch alles. Nichtsdestoweniger war die Bestürzung, die die Stadt ergriff, eine gewaltige. Man fürchtete nachfolgende Stösse, die verhängnisvoll werden konnten. War doch die Stadt schon mehrmals von Erdbeben heimgesucht, ja schon ganz zerstört worden. Aber noch eine andere Überlegung vermehrte die allgemeine Unruhe. Ein grosser Teil der Stadt und gerade die neuen Bauten am Strande ruhen auf künstlichem Untergrunde, der in den siebziger Jahren beim Baue der Quais aufgeschüttet worden war. Es lag nun der Gedanke nahe, die ganze Masse könnte bei dem ziemlich bedeutenden Neigungswinkel des Meeresbodens, der das Anlegen selbst grosser Schiffe gestattet, leicht zur Tiefe absinken, wie es bei Erderschütterungen schon anderwärts der Fall war. Doch es erfolgten keine weitern bedenklichen Stösse.

Nach übereinstimmenden Mitteilungen beginnen die Zerstörungen erst, wo die Bahn das Gebirge durchbricht und in das von jungen Alluvien erfüllte Thal des Menderez tritt.

Das Mäanderthal wird im N vom Güme Dagh (Messogis) und Ak Dagh, die in WO-Richtung streichen, begrenzt. Der Güme Dagh biegt im W gen SW ab und findet jenseits der von der Eisenbahn benutzten Thalfurche im Samsun Dagh seine Fortsetzung. Ein weiteres Glied dieser Kette bilden die Höhenzüge der Insel Samos. Die südliche Thalseite bilden die niedern Carischen Berge, die vom Beschparmack Dagh bis zum Baba Dagh eine Reihe WNW bis OSO verlaufender Rücken bilden. Die bedeutendste Erhebung in diesem Gebiete ist das Baba Dagh mit 7776 engl. Fuss.

Zwischen diesen Höhenzügen erstreckt sich das Thal des Mäander in OW-Richtung von Seraikiöi (Sarakiöi) bis Sokia (Seuké). Bei Sokia wendet sich der Fluss parallel dem Streichen des Samsun Dagh nach SW. Bei Seraikiöi, wo er den alten Lycus aufnimmt, endet sein Oberlauf; er verlässt hier das Gebirge und tritt in die Ebene, die sich den Lycus aufwärts bis über Denizli und Laodicäa erstreckt. Auf diesen ca. 150 *km* breiten Landstrich waren die Verwüstungen vom 20. September ausnahmslos beschränkt. Die Erschütterung wurde wohl in dem ganzen südwestlichen Teile der Halbinsel heftig verspürt, ohne aber weitern Schaden anzurichten. Die ärgsten Verheerungen erlitten die Orte Aidin, Nazly, Seraikiöi

und Denizli. Von einem Zentrum des Bebens zu sprechen, ist in diesem Falle wohl unzulässig, da kein Punkt grösster Heftigkeit und keine ausgesprochene Stossrichtung zu konstatieren sind. Die Spuren der Erdbewegung sind längs dem ganzen Thale gleich bedeutend gewesen; dass aus grössern Orten die Nachrichten zahlreicher einliefen und von ärgern Verwüstungen berichteten als aus dem schwach bevölkerten offenen Lande, ist natürlich. Es lässt sich daher daraus kein Schluss auf das Intensitätszentrum ziehen. Auch die Richtung der Stösse scheint, nach den Aufzeichnungen des Seismographen und der ganz regellosen Orientierung der Sprünge und der Einstürze zu urteilen, keinem einheitlichen Gesetze unterworfen gewesen zu sein. Es stimmt dies alles sehr wohl mit der aus den tektonischen Erscheinungen resultierenden Erkenntnis der terrestrischen Vorgänge überein, zu deren Rekonstruierung ich nun schreite.

Südlich vom Güme Dagh bei Deirmendschik machten sich die ersten Schäden am Bahnkörper bemerkbar. Es waren dies Brüche, die das Terrain nach verschiedenen Richtungen durchsetzten. Von Aidin bis Iliadzi war die Trace an mehrern Stellen stark beschädigt. Hier verliefen parallel dem Fusse des Gebirges mehrere Verwerfungen, an denen das Land abgesunken war. Die Sprunghöhe betrug 1.5 bis 2 *m*. Eine dieser offenen Spalten besass eine länge von 4 engl. Meilen. In der Stadt Aidin selbst war die Verwüstung entsetzlich. O—W und SO—NW streichende Brüche durchsetzten den Boden, und ganze Strassenzeilen hatten sich in grabenartigen Vertiefungen um 2 *m* gesenkt. Von Aidin bis Denizli war der Bahnkörper an über 30 Punkten von der Zerstörung betroffen worden. Es handelte sich meist um Senkungen und Hebungen bis zu mehrern Fuss und um seitliche Verschiebungen, die den Schienenstrang bald in Kurven, bald in zickzackförmige Linien umgeformt hatten. Oftmals waren die horizontal und die vertikal wirkenden Kräfte vereint thätig gewesen.

Sehr verwickelt gestalteten sich die Veränderungen der Eisenbahnbrücke bei Karatasch in der Nähe von Seraikiöi. Die eiserne Brücke überschreitet in O—W-Richtung mit mehrern Öffnungen den Mäander, dessen weites Bett nur zur Regenzeit grössere Wassermengen führt. Einige der Pfeiler waren um mehrere Zoll gesenkt und nach N oder S verschoben. Die ganze Brücke hatte ausserdem eine etliche Fuss (!) betragende Verschiebung nach W erfahren.

Mehrere Beispiele sind bekannt, dass eine Entfernung von wenigen Metern genügte, um die Zerstörung des einen und die Erhaltung des andern Objektes zu bewirken. In Denizli wurde ein ebenerdiges Haus ganz von seinen Grundmauern weggerückt und daneben hingestellt. An andern Gebäuden versank ein Streifen der Mauer, und die Seitenstücke und das Dach blieben erhalten.

Manche Klüfte sollen eine ganz bedeutende Ausdehnung besessen haben. Eine Erdspalte klaffte 1 *m* weit und war an 20 *m* tief. (?)

Die Mehrzahl schloss sich später wieder. Längs der an der nördlichen Thalseite dahinziehenden Bahnstrecke wurden allenthalben Staffelbrüche bemerkt. Die tektonischen Vorgänge an der südlichen Thalseite sind wenig bekannt geworden, da dieser Landstrich weniger dicht bevölkert ist, und alle grössern Orte an dem rechten Flussufer liegen.

Von einer heftigen Bewegung der See, von einer Veränderung des Flusslaufes oder der zahlreichen heissen Quellen, die das Mäanderthal begleiten, wusste keine der mir gemachten Mitteilungen zu berichten.

Dass es auch nicht an phantasiereichen Ausmalungen der Thatsachen fehlte, zeigte, dass ein Türke erzählte, er wäre auf seinem Esel über Land geritten, als der Boden zu beben begann. Da habe sich die Erde geöffnet und sein Reittier verschlungen. Dass das erschreckte Grautier ihn abgeworfen habe und davon gelaufen sei, ist, glaube ich, viel wahrscheinlicher.

Wenn wir die terrestrischen Erscheinungen, die das Mäanderthalbeben zur Folge hatte, vom geotektonischen Standpunkte betrachten, finden wir, dass sie mit dem orographischen Bilde des Gebietes in vollem Einklange stehen und uns einen Schluss auf dessen geologischen Bau gestatten. Das Beben war auf die Thalebene beschränkt, und nur unwirksame Erschütterungen machten sich über ein weiteres Areal fühlbar. Das Gebiet der Verwüstungen war bei ca. 150 *km* Länge nur etwa 10 *km* breit. Dem Bergfusse entlang bildeten sich Brüche, an denen das Land in Schollen zertrümmert absank. Die Länge der ersten Erschütterung, ihre ziemlich gleichmässige Stärke an der ganzen Linie, die unorientierten Richtungen der Stösse und die scharfe Begrenzung des Schüttergebietes weisen darauf hin, dass wir es mit einem tektonischen Beben, mit einem Senkungsbeben zu thun haben. Vor unsern Augen ist ein Stück der Erdoberfläche zur Tiefe gesunken, haben sich Spannungen im Erdgerüste ausgelöst, sind tektonische Kräfte frei geworden und haben wieder das Angesicht der Erde verändert, wie sie es in diesem Gebiete seit Äonen schon gethan. Ihren Spuren begegnen wir hier allenthalben. Vulkanische Felsarten besitzen, soweit der geologische Bau des Landes bekannt ist, eine bedeutende Verbreitung, und zu beiden Seiten des Mäanderthales begleiten zahllose heisse Quellen den Fuss der Berge. Bei Iliadzi, Kujudschak, Ortaktsche, westlich von Seraikiöi und an zahlreichen Punkten an der südlichen Thalseite treten heisse Quellen zu Tage, die grösstenteils schon den alten Römern zur Anlage von Bädern dienten. Die Krone dieses Thermengebietes sind aber die Kaskaden von Hierapolis (heute Pambuk-Kalessi = Baumwollschloss), deren laues Wasser die herrlichen, blendendweissen Sinterterrassen aufgebaut hat, die wohl nur mit den Bildungen des leider bereits der Vergangenheit angehörenden Tetaratasprudels in Neuseeland in eine

Linie gestellt werden können, und die dem Orte den heutigen Namen gegeben haben.

Die Geschichte liefert uns zahlreiche Nachrichten über verheerende Erdbeben, die diesen Landstrich heimgesucht haben. Ephesus wurde im Jahre 29 n. Chr. zerstört, das alte Tralles (jetzt Aidin) öfters, am ärgsten unter Augustus, von Erdbeben heimgesucht. Laodicäa (bei Denizli) wurde unter Nero dem Erdboden gleich gemacht, und Smyrna 178 und 180 n. Chr. von Erderschütterungen arg mitgenommen. Auch in spätern Zeiten ist der gesegnete Boden des Mäanderthales oft der Schauplatz seismischer Erscheinungen gewesen.

Aus dem Wirken der heute noch wachen tektonischen Kräfte und gestützt auf die Spuren einer alten vulkanischen Thätigkeit und auf den orographischen Bau des Gebietes drängt sich uns der Gedanke auf, dass wir das Thal des Mäanderflusses als eine Grabensenkung ansehen müssen, die heute wohl in ihrer Anlage fertig ist, an deren Vertiefung aber die terrestrischen Kräfte noch arbeiten. Ein Streifen Landes von 150 *km*, wenn wir das nach SW gewendete Stück des Unterlaufes dazurechnen von 200 *km* Länge, ist an parallelen Brüchen zur Tiefe gesunken und in ein Trümmerwerk von Schollen zerbrochen worden. Dieser Zertrümmerung des Bodens könnte man vielleicht auch den ganz eigentümlich geschlängelten Lauf des Flusses zuschreiben, der schon das Interesse der Alten geweckt und der bekannten Linienzicrat den Namen gegeben hat. Das Gefälle von 150 *m* auf ca. 200 *km* ist zu bedeutend, als dass die so mannigfachen, zum Teil rückläufigen Krümmungen des Flusses in der Trägheit der Störung ihren Grund haben könnte.«

Das Erdbeben von Palombara-Sabina am 24. April 1901. Nach einem Bericht von Dr. L. Palazzo [1]) fand dasselbe statt 15^h 20^m 25^s m. Zeit v. Rom, und die Erschütterung dauerte etwa 5—6 Sekunden. In Palombara waren die Erschütterungen ziemlich stark, die Verheerungen jedoch grösser in den Ortschaften Stazzano und Cretone. »In einer Entfernung von 1 *km* von Cretone und 6 *km* von Palombara und Stazzano befindet sich eine Schwefelquelle, welche auch viel Kalksalze gelöst enthält und etwa $^1/_4$ *cbm* Wasser in der Sekunde liefert. In der Nähe dieser Quelle äusserten sich die geodynamischen Kräfte am stärksten: Menschen, sowie Tiere sind zu Boden geschleudert worden, vielen Bäumen wurden die Zweige abgebrochen, die dann infolge der starken Erschütterung weit fortgeschleudert worden sind. Auch das Getöse schien aus der Gegend der Quelle zu kommen. Alles führt darauf, dass wahrscheinlich auch dort das Epizentrum zu suchen sein wird, und dass vielleicht ein Zusammenhang zwischen der Quelle und dem gegen-

---

[1]) Die Erdbebenwarte 1901. 1. No. 8, p. 98.

wärtigen Erdbeben besteht. Die Hypothese ist in der That verlockend, dass die Schwefelquelle, welche in grossen Massen kohlensauren Kalk absondert, aus tiefer gelegenen Kalksteinschichten hervorkommt, den Kalkstein aus jener Tiefe beständig fortführt, wodurch dort Gänge und Höhlungen entstanden sind, die endlich zum Teil ihre sichere Stütze verlieren und infolgedessen einbrechen, was dann Bodenerschütterungen verursacht. Nach dieser Hypothese wäre dieses Beben infolge Setzungen von Erdschichten entstanden und somit ein tektonisches. Man kann auch annehmen, dass an der Entstehung des unterirdischen Donners irgendwie auch das Schwefelwasserstoffgas Anteil nimmt, welches in der Quelle enthalten ist. Die Temperatur der Quelle ist nach den Beobachtungen des Prof. Cancani etwa um 12° höher als die Jahresdurchschnitts-Temperatur des Ortes gelegen, so dass man den Ursprung der Quelle mit Rücksicht auf die geothermische Tiefenstufe kaum tiefer als auf 500 *m* verlegen kann. Angenommen nun, dass von der Stelle, aus welcher die Quelle stammt, auch die Erdbeben kommen, so könnte der Schluss gezogen werden, dass der Herd dieses Bebens sehr seicht gelegen ist, wofür auch die engbegrenzte Zone der stärksten Erschütterung spricht.«

»Es verdient hervorgehoben zu werden, dass trotz der, man könnte sagen, oberflächlichen Lage des Herdes und geringen Ausdehnung der Hauptschütterzone das Beben vom 24. April l. J. um $15^h\ 20^m$ doch auf grosse Entfernungen hin sich fortgepflanzt hat, d. i. bis Casamicciola und Padua.«

Das schlesische Erdbeben am 10. Januar 1901. Dasselbe übertrifft an Ausdehnung das mittelschlesische Erdbeben vom 11. Juni 1895 bei weitem. Damals wurde ein Gebiet von 25000 *qkm* Grösse, umfassend den grössern Teil von Schlesien (im wesentlichen Mittelschlesien) und die angrenzenden Teile von Böhmen, Mähren und Österreich-Schlesien durch ein Erdbeben erschüttert. Das Beben war tektonisch, d. h. durch eine unterirdische Gesteinsverschiebung hervorgerufen: ein Gebirgsstück zwischen Strehlen und Reichenbach, im geologischen Sprachgebrauche eine »Scholle«, d. h. eine der vielen Stücke, in die die Sudeten und ihr hügeliges Vorland durch zahlreiche Brüche zerschnitten sind, erlitt am genannten Tage um 9 Uhr 28 Minuten vormittags eine (wahrscheinlich im vertikalen Sinne verlaufende) Bewegung, die sich in die weitere Umgebung fortpflanzte. Es liessen sich zwei Zentren mit grösster Stärkewirkung unterscheiden, ein grösseres um Strehlen und ein kleineres um Reichenbach, um welche annähernd konzentrische Zonen schwächerer Wirkung und spätern Eintretens des Erdbebens liegen. Um 9 Uhr 10 Minuten erreichte das Erdbeben Schmiedeberg, Jauer, Zobten und Kattern, um 9 Uhr 31 Minuten Breslau, um 9 Uhr 32 Minuten Hirschberg und Kunitz bei Liegnitz, um 9 Uhr 33 Minuten Leobschütz, noch etwas

später Bernstadt. Sehr bemerkenswert ist ein Gebiet geringerer Erschütterung zwischen den beiden Zentren, das die bewegte Scholle selbst darstellt und die Gegend von Nimptsch und Frankenstein umfasst.

Nach dem Werke des Landesgeologen Dr. Dathe in Berlin: »Das schlesisch-sudetische Erdbeben vom 11. Juni 1895«, waren damals die äussersten erschütterten Orte im Westen Schreiberhau, Landeshut und Ostroy bei Neustadt a. d. Mettau in Böhmen; im Süden Rybney in Böhmen, Goldenstein in Mähren und Lindewiese in Österreich-Schlesien; im Osten Endersdorf in Österreich-Schlesien, Ringwitz bei Friedland OS., Theresienberg bei Schurgast, Pontwitz bei Öls; im Norden Breslau, Kunitz bei Liegnitz und Hirschberg. In dem so umgrenzten Gebiete wurden die Erschütterungen und Wirkungen in 608 Orten wahrgenommen. Dr. Dathe unterscheidet ein Hauptschüttergebiet und drei Nebenschüttergebiete, die durch nicht erschütterte Gebiete voneinander getrennt werden. Das Hauptschüttergebiet liegt in den mittlern und südlichen Sudeten, so dass das Waldenburger Gebirge, das Eulengebirge, das Warthagebirge, das Reichensteiner Gebirge, das Habelschwerdter Gebirge und die schlesische Bucht bis zur Oder ihm zugehören. Neurode liegt an der Westgrenze des Haupterschütterungsgebietes, aber trotzdem war 1895 dort die Erschütterung nur mittelstark. Die Richtung des Stosses wurde als von unten kommend empfunden und die wellenförmige, nachfolgende Bewegung meist von Ost nach West verlaufend angegeben.

Angaben über die äussere Grenze des diesmaligen schlesischen Erschütterungsgebietes lehren, dass im Riesengebirge die Gegend der Spindlerbaude am meisten erschüttert wurde.

Erdbeben im östlichen Mittelmeere am 31. März 1901. Ein ziemlich starkes Erdbeben wurde um 8 Uhr 15 Minuten vormittags fast gleichzeitig in Rom, Casamicciola, Padua, Catania, Florenz, Konstantinopel und Benevent wahrgenommen. Alle Instrumente der Erdbebenwarte an der Oberrealschule in Laibach verzeichneten um 8 Uhr 12 Minuten vormittags eine ausnehmend starke seismische Bewegung, die über eine Stunde lang die Instrumente in Unruhe erhielt. Der Charakter der Bodenbewegung war langsam und schaukelnd; unmittelbar für den Menschen jedoch nicht wahrnehmbar. Die verschiedenen, deutlich ausgeprägten Bebenbilder wiesen auf eine ferne Bebenkatastrophe hin. Nach den ersten Bewegungen, die sich auf den Instrumenten eingezeichnet haben, schien der Ursprungsort etwa am Ägäischen Meere zu sein. An den Stationen Triest und Pola wurden um die gleiche Zeit ausnehmend starke seismische Bewegungen verzeichnet. Am stärksten wurde das Erdbeben in Konstantinopel verspürt. Der Erdstoss verursachte im Palais Dolma Bagdsche, wo eben zum Beiramfeste in Gegenwart des Sultans die Zeremonie des Handkusses stattfand, eine grosse

Panik. Da bei der Defilierkur im Prunksaale 3000 Personen anwesend waren, so hätten ohne Zweifel Hunderte ihr Leben im Gedränge eingebüsst, wenn der Sultan dem Rate einiger Personen seiner Umgebung Folge geleistet hätte und in den Palastgarten geflüchtet wäre. Bei dem Erdstosse klirrten die mächtigen Kronleuchter scharf aneinander, die riesigen Säulen wankten, und von der Decke löste sich ein grosses Mauerstück ab. Die Erdbewegung hat sich am 2. April in Südungarn und Belgrad wiederholt. Am stärksten machte sich das Erdbeben in dem Gebiete zwischen Belgrad und Temesvar bemerkbar. Die Mauern zahlreicher Häuser bekamen infolge der Erdstösse Risse, von vielen Häusern stürzten die Kamine auf die Strassen.

Erdbeben auf Island. Der berühmte isländische Forscher Th. Thoroddsen veröffentlichte in den Geographischen Mitteilungen seine Untersuchungen über die starken Erdbeben, die im August und September 1896 das südliche Tiefland von Island verwüstet haben. Dass dabei nur vier Menschenleben verloren gingen, ist lediglich dem Umstande zuzuschreiben, dass Island nur sehr dünn bevölkert ist, und die eigentümliche Bauart der dortigen Häuser den Bewohnern einen Ausweg ins Freie gestattete, bevor die Gebäude zusammenstürzten. In einem Bezirke wurden von 588 Gehöften 86 gänzlich zerstört und 427 mehr oder weniger beschädigt, in einem andern Bezirke blieben von 699 Gehöften nur 2 unversehrt. Die Erderschütterungen wanderten von Ost nach West, die verderblichsten Stösse waren fünf an der Zahl und erfolgten in der Zeit vom 26. August bis 10. September. Während der Beben war die Erdoberfläche häufig in vollständiger Wellenbewegung, so dass weder Mensch noch Tier aufrecht stehen konnte. Ein auf einem Basaltrücken stehender Pfarrhof wurde so erschüttert, dass ein 2 *m* hoher Kachelofen 7.5 *m* weit fortgeschleudert wurde, und die auf dem Erdboden liegenden Leute sich nicht halten konnten, sondern den Abhang hinuntergeworfen wurden. Die Erdbebenwellen gingen von dem die Tiefebene umgebenden Halbkreise von Bergen aus; auf dem Hochlande waren die Erschütterungen schwach, an vielen Punkten dort wurden sie garnicht gespürt. Bevor ein Stoss erfolgte, wurde meist ein sausender Laut, oft auch Knall und Gedröhne und anhaltender Lärm in der Erde gehört. Die Berge schüttelten grosse Steinmassen ab, so dass viele Bergstürze erfolgten. Ein isoliert aus der Ebene bis 227 *m* Höhe aufsteigender Berg, namens Skardsfjall, schüttelte sich wie ein Pudel, der aus dem Wasser kommt; er wurde vielfach zerspalten, und die dicken Erdschichten, welche seine Abhänge bedeckten, wurden herabgerissen, so dass sie sich in grossen Haufen am Fusse des Berges sammelten. In mehrern Landschaften entstanden meilenlange Spalten, und auf verschiedenen derselben entstanden grosse, trichterförmige Löcher. Wo diese Spalten sich durch Seen und Sümpfe zogen, verschlangen

sie deren Wassermassen. Viele unter den zahlreichen warmen Quellen des betroffenen Gebietes erlitten Veränderungen. Eine neue warme Quelle entstand nach einem heftigen Stosse unter gewaltigem Brüllen und Pfeifen, wobei sie Wasser, Dampf und Steine 200 m hoch emporschleuderte. Ihre Ergiebigkeit hatte jedoch nicht lange Bestand, und als Thoroddsen im Juni 1897 die Stelle besuchte, fand er ein ruhiges, mit heissem, klarem Wasser angefülltes Becken. Die weltbekannten Geysire erlitten verschiedene Änderungen; der 1789 entstandene Springquell, der unter dem Namen Strokkor bekannt ist, stellte seine Thätigkeit völlig ein. Später hat der Geysir neue Kraft gewonnen und häufigere und höhere Ausbrüche gehabt. Mehrere kalte Quellen verschwanden, und neue bildeten sich an andern Stellen. Die Vulkane Hekla, Katla und benachbarte verhielten sich zu dem Erdbeben völlig passiv. Es scheint, dass die von dem Erdbeben heimgesuchte Ebene in der Tiefe unter dem Boden in verschiedene Stücke zerteilt ist, und die fortgesetzten Bewegungen in diesen Querlinien, sowie die Verschiebungen zwischen den einzelnen Stücken scheinen nach Thoroddsen die Ursachen der zahlreichen Erdbeben dieser Gebiete zu sein.

Über Schwingungsart und Weg der Erdbebenwellen hat Dr. W. Schlüter eine bemerkenswerte Studie veröffentlicht.[1]) Er findet, dass man bis jetzt über das Wesen der aufgezeichneten Bewegungen nur ein einziges Resultat erhalten hat, nämlich Grund zur Vermutung, dass die Vorläufer die direkt durch die Erde hindurch sich fortpflanzenden, longitudinalen Schwingungen sind. Darüber hinaus ist man, wie Schlüter betont, trotz vieler Bemühungen nur gekommen zur Äusserung oft sehr vager Ansichten und Hypothesen. Die Debatte, sagt er, dreht sich immer besonders um einen Punkt: Sind die langen Wellen Neigungswellen oder ein horizontales Hin- und Herschwingen des Bodens? Dabei fasst er stets unter dem Namen Neigungswellen alle jene Erdbebenbewegungen zusammen, welche die Normale der Erdoberfläche gegen die Schwererichtung periodisch schwanken machen, d. h. jene Wellen, welche der Erdoberfläche ein dem wogenden Meere ähnelndes Aussehen verleihen. Es brauchen dies, wie er betont, nicht immer etwa Gravitationswellen zu sein, auch nicht die Cancanischen elastischen Transversalschwingungen oder die Volgerschen Fallwellen, ihre Entstehung sei auch noch auf andere Weise möglich. Es lässt sich nämlich sehr wohl denken, dass Verdichtungswellen durch die auf zähflüssiger Unterlage ruhende Erdrinde tangential hindurchziehen. Infolge des als Begleiterscheinung notwendigerweise auftretenden Ausweichens der Masse in seitlicher, d. h. vertikaler Richtung werde gleichzeitig ein Wellenzug von Berg und Thal über die Erdoberfläche dahineilen. Die Entscheidung der

[1]) Inaugural-Dissertation Göttingen 1901.

Frage, ob Neigungswellen oder nicht, ist aber nur möglich auf Grund instrumenteller Beobachtung. Dass dies bisher nicht gelungen, liegt nach Dr. Schlüter an einer schon von andern erkannten prinzipiellen Eigentümlichkeit sämtlicher Apparate, nämlich darin, dass sie durch Neigungen und durch horizontales Hin- und Herschwingen gleicher Weise in Bewegung gesetzt werden. Man kann also aus den Aufzeichnungen nicht erkennen, welche von beiden Bewegungsarten vorhanden gewesen, oder ob etwa beide zusammen thätig waren.

Hier setzte nun Dr. Schlüter ein. Indem er sich darüber klar wurde, dass alle bisher bekannten Seismographen im Prinzip aus einer Masse bestehen, die um eine feste Drehungsaxe drehbar ist, wurde er im August 1898 auf den Gedanken geführt, die Trennung der beiden Bewegungsarten lasse sich erreichen, wenn man den Massenmittelpunkt in die Drehungsaxe verlegt. Man denke sich, sagt er, einen beliebig starren Körper drehbar um eine durch seinen Schwerpunkt horizontal hindurchgehende Axe, so hat man damit das Prinzip eines Apparates, welcher das Problem zu lösen im stande ist. Die Horizontalschwingungen, ob longitudinal oder transversal, überhaupt alle Parallelverschiebungen im Raume, wirken nicht mehr ein, es wirken nur noch die wechselnden Neigungen, und zwar so, dass die Masse im Raume stationär bleibt, während sich die Erde relativ zur Masse bewegt. Der Apparat begnügt sich also nicht damit, festzustellen, ob überhaupt Neigungen bei einem Erdbeben vorkommen, er sondert sie vielmehr auch von allen andern Bewegungsarten ab und zeichnet sie auf. Mit Rücksicht auf die ursprüngliche Bestimmung des Apparates, Neigungen anzugeben, hat Dr. Schlüter ihm die Bezeichnung Klinograph gegeben. Der Apparat ist aber nicht ausschliesslich als »Neigungsschreiber« verwandt worden, es gelang vielmehr, ihn auch noch für andere Zwecke der Seismologie dienstbar zu machen, worüber Dr. Schlüter später berichten wird.

Bezüglich der genauen Beschreibung des Apparates muss auf die Abhandlung Schlüters verwiesen werden, woselbst er auch ausführlich die Theorie des Klinographen und des Horizontalpendels für Neigungen mathematisch entwickelt.

Von besonderem Interesse sind die Resultate der ersten Registrierperiode des im Keller des Göttinger geophysikalischen Instituts aufgestellten Klinographen. Sie lieferten als wahrscheinlichstes Ergebnis die Feststellung folgender Thatsache: »Weder die Vorläufer, noch die Hauptwellen eines Erdbebendiagrammes sind zurückzuführen auf Neigungsschwingungen der Erde. Die bisher unter den Seismologen fast allgemein verbreitete Anschauung, dass die Apparate bei der Aufzeichnung der langen Wellen durch Neigungen in Bewegung gesetzt werden, diese Anschauung. wie sie besonders von Milne, Cancani, Vicentini, Agamemnone, Ehlert etc. vertreten wird, wie sie trotz der von Schmidt und Omori geäusserten Bedenken noch die ganze heutige Erdbebenlitteratur beherrscht, ist irrig. Es kann

die bisher an den Seismographen beobachtete Bewegung nur hervorgerufen worden sein durch »Translationsschwingungen« des Erdpartikelchens, wie man im Gegensatze zu den Neigungsschwingungen die Schwingungen mit geradliniger oder elliptischer Bahn bezeichnen könnte.

Dagegen können wir von den Neigungsschwingungen nicht etwa behaupten, dass sie nicht existieren, sondern nur, dass sie unmerklich sind. Infolgedessen haben wir — es ist dies wohl zu beachten — noch nicht die Frage entschieden, ob die Bewegungen Neigungswellen sind, welche über die Erdoberfläche hinwegziehen, oder ob nicht. Es sind offenbar noch zwei Möglichkeiten vorhanden. Entweder haben wir in den Erdbeben reine Translationsschwingungen ohne jede Neigung vor uns, man denke z. B. an eine horizontale, rein longitudinale Schwingungsbewegung, oder man stelle sich vor, dass alle Teilchen der Erdoberfläche zugleich in gleicher Weise gleiche Ellipsen in einer horizontalen, schrägen oder vertikalen Ebene durchlaufen. Oder aber die Bewegungen der Erde sind doch Neigungswellen, dann allerdings nicht derart von der Höhe, wie es den zuvor erwähnten, bisherigen Anschauungen der Seismologen entspricht, sondern von sehr viel geringerer Höhe. Die Wellenhöhe müsste nur so gering, dagegen die Wellenlänge so gross sein, dass die dabei auftretenden Neigungen zu klein sind, um auf die modernen Seismographen trotz ihrer hohen Empfindlichkeit einwirken zu können, während der translatorische Teil der Bewegung von den Apparaten ohne Schwierigkeit angegeben wird.«

Die Entscheidung in diesen Fragen werden die Untersuchungen des zweiten Teiles der Arbeit ergeben, welche Dr. Schlüter bald zu veröffentlichen gedenkt,

Über den Ursprung der seismischen Kraft hat Dlabač sehr beachtenswerte Ausführungen gemacht.[1]) Er weist zunächst auf eine Thatsache hin, die bis jetzt durchaus nicht nach ihrer ganzen Bedeutung gewürdigt worden ist, ja die in den meisten geologischen Schriften mit keiner Silbe erwähnt wird. Es ist die Thatsache, dass seit uralter Zeit bis heute grosse Wasserbecken in Gestalt von Meeren sich an der Erdoberfläche erhalten haben. Dem Volum nach verhält sich das Meer zum Erdballe wie 1 : 846, das gesamte Wasserreservoir der Ozeane könnte daher in den äussern Teilen der Erdrinde verschwinden, und es ist thatsächlich merkwürdig, dass dies im Laufe von Millionen Jahren der Vergangenheit nicht längst geschehen ist. Man hat zwar zur Erklärung darauf hingewiesen, dass der Meeresboden für Wasser undurchlässig sei, allein diese Erklärung ist durchaus hinfällig, denn es giebt gar kein Gestein, welches absolut und unter allen Umständen für Wasser undurch-

[1]) Studien über Probleme der Erdgeschichte. Jungbunzlau 1901.

dringlich ist, und selbst die geringste Durchlässigkeit des Meeresbodens würde ausgereicht haben, um im Verlaufe der schier unermesslich langen Zeit, welche zu Gebote steht, die ozeanischen Wassermassen zum völligen Einsickern in die Erdkugel zu bringen. Überhaupt ist es unzweifelhaft, dass sich in den Tiefen der Erde gewaltige Wassermassen befinden, und möglicherweise sind dieselben quantitativ ebenso beträchtlich als die freien Wasser der Ozeane. Es ist, sagt Dlabač, bekannt, dass der Grundwasserandrang bis zu den bekannten Tiefen infolge des hydrostatischen Druckes zunimmt, wie die Erfahrung bei Tiefbohrungen und in den Bergwerken lehrt, wo bereits von einer Ableitung der Grundwässer durch Quellen keine Rede sein kann, und wir müssen annehmen, dass auch in den unzugänglichen Erdtiefen das Grundwasser verbreitet ist. Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch das Meereswasser in den Meeresgrund eindringt und in die Spalten und Klüfte am Meeresgrunde unmittelbar eintreten muss. »Wir müssen annehmen, dass in der Tiefe der Erde das Wasser allgemein verbreitet ist, welches die Gesteinsmassen durchdringt und die Spalten und Klüfte in der Erdrinde ausfüllt, und es dürften die im Innern der Erde vorhandenen Grundwassermengen die sichtbaren, in den Meeren angehäuften Wasserquantitäten übersteigen. Unter dem Meeresniveau müssen sämtliche Grundwässer allgemein im Zustande der absoluten Ruhe sich befinden; allerdings wird lokal ein Nachsinken des Grundwassers stattfinden müssen als Ersatz für die durch Exhalationen der Vulkane ausgeströmten Dampfmengen. Die in den Boden einsickernden Wasser erleiden in der Tiefe mehrfache Veränderungen: die atmosphärische Luft wird bereits zum grössten Teile von den oberflächigen diluvialen Humusschichten aufgenommen und zur Bereitung der Nahrung für die Vegetation verwendet; weiter in der Tiefe verliert sich der Luftgehalt gänzlich. In grössern Tiefen müssen die Grundwasser auch die in der bezüglichen Tiefe herrschende Temperatur besitzen, welche mit der Tiefe sich weiter steigert. Die mineralischen Substanzen, mit welchen das Grundwasser in Berührung kommt, werden aufgelöst, wie wir bei Quellenwasser und insbesondere Mineralwässern und heissen Quellen beobachten, und infolge der zunehmenden Erdtemperatur wird der Sättigungsgrad der Lösungen mit der Tiefe stets zunehmen müssen.«

Die wichtige Frage, bis zu welcher Tiefe die Grundwasser überhaupt in den Boden dringen können, ist bisher nur beiläufig behandelt worden, und doch wird dieser Vorgang eine grosse Rolle spielen. Dlabač kommt zu dem übrigens auch von andern gelegentlich gemachten Schlusse, dass die Ursache, welche das tiefere Eindringen des Grundwassers in die Tiefe verhindert, nur in der zunehmenden Wärme der Erde mit wachsender Tiefe zu finden sei. Wäre die innere Erdwärme nicht vorhanden, oder erreichte sie nicht in der Tiefe einen gewissen Grad, so müssten unsere Ozeane längst

verschwunden sein, und die Erdoberfläche würde das Bild einer trockenen Wüste mit grossen, tiefen Aushöhlungen (den Betten der ehemaligen Meere) darbieten, genau wie wir dieses bei unserem Monde thatsächlich erblicken. Der Mond hat als weit kleinerer Weltkörper wie die Erde seine innere Wärme längst verloren, wie wir eben aus dem Fehlen von Ozeanen an seiner Oberfläche schliessen dürfen, seine Wassermassen haben sich in die Tiefen unter der Oberfläche begeben, und die leeren Meeresbecken sind zurückgeblieben. Der Erde wird es nach Verlauf sehr langer Zeiträume unfehlbar ebenso ergehen.

Was nun die bereits jetzt in die Tiefen gedrungenen Wassermassen anbelangt, so könnte man bei oberflächlicher Beurteilung annehmen, dass diese in einer gewissen Tiefe allgemein ins Sieden geraten müssten. In Wirklichkeit wird dies nur lokal der Fall sein, wie Dlabač ausführlich nachweist, während allgemein das Wasser in der bedeutenden Tiefe, bis zu der es überhaupt gelangen kann, trotz der dort herrschenden grossen Hitze, sich in tropfbarflüssigem Zustande befinden muss. »Von einer bestimmten Temperatur des absoluten Siedepunktes der Grundwasser im Innern der Erde kann überhaupt nicht gesprochen werden, da die Grundwasser mit der zunehmenden Temperatur immer grössere Mengen von aufgelösten Substanzen enthalten müssen, wodurch der absolute Siedepunkt immer weiter verschoben wird. Auch die kritische Temperatur der Dämpfe muss parallel eine Verschiebung erleiden, da die Dämpfe absolut luftfrei und nebstdem mit Dämpfen von verschiedenartigen mineralen Stoffen, insbesondere mit den Schwefel-, Borsäure- und vielen anderen Dämpfen, welche z. B. mit den Wasserdämpfen den Vulkanschlünden entströmen, gesättigt sind. Dieses physikalische Gesetz auf die Verhältnisse im Innern der Erde angewendet, muss in dem Sinne modifiziert werden, dass der Aggregatzustand des Wassers bei den hohen Hitzegraden unter den obwaltenden Druckverhältnissen einer Grenze sich nähert, bei welcher das Wasser aus dem tropfbarflüssigen in den dampfförmigen Zustand übergehen muss. Diese Grenze wird, wie die Erfahrung lehrt, bei den im Erdinnern obwaltenden Verhältnissen, hauptsächlich infolge der oben erwähnten Eigenschaften des Grundwassers, bis zu der Tiefe, bis zu welcher das Wasser überhaupt eindringen kann, allgemein nicht überschritten; nur unter besondern Verhältnissen kann dieselbe lokal überschritten werden, wobei jedoch die Beziehungen zwischen Druck und Temperatur entscheiden.«

Sehr richtig schliesst Dlabač »dass die Wärmemenge, welche zur Verwandlung des Wassers in Dampf bei den hohen Hitzegraden in den Tiefen der Erde notwendig ist, mit der steigenden Temperatur in die Tiefe stets abnimmt, und dass das Wasser in der Tiefe in einem labilen Gleichgewichte sich befinden muss, dass nämlich immer geringere Wärmemenge oder immer geringere Druckverminderung

notwendig ist, um eine Explosion der Grundwasser in der Tiefe herbeizuführen.«

In diesen Explosionen sieht Dlabač die Ursache der seismischen Kraft. »Wir wissen,« sagt er, »dass gewisse Gegenden der Erdoberfläche von Erdbewegungen, beziehungsweise vom Vulkanismus periodisch heimgesucht werden, und es müssen auf diesen Stellen die erforderlichen Bedingungen für die Herbeiführung einer unterirdischen Wasserexplosion sehr günstig sein. Eine unterirdische Explosion des Wassers bei einer bestimmten Dichtheit der Lösung (nach Massgabe der Menge der im Wasser aufgelösten Substanzen) könnte entweder durch hinlängliche Erhöhung der Temperatur oder durch eine genügende Verminderung des Druckes oder Verdünnung der Lösung herbeigeführt werden. Die Verhältnisse, unter welchen eine unterirdische Explosion entstehen kann, müssen unter den mannigfaltigen Verhältnissen, unter welchen die Grundwasser in der Tiefe sich befinden müssen, in hohem Grade kompliziert sein, und es ist ein Zusammentreffen von günstigen Umständen notwendig, wenn eine Explosion entstehen soll. Wegen Vereinfachung müssen wir von den Einflüssen, welche dic hohen Temperaturen auf den Aggregatzustand des Wassers ausüben, sowie von der Beschaffenheit der Grundwasser (der Minerallösungen), welche diesen Einflüssen gegenüberstehen, absehen, da der Einfluss derselben auf Grund der bisherigen Erfahrungen nicht kontrolliert werden kann, und von dem Grundsatze ausgehen, dass die Grundwasser in allen Tiefen, in welche dieselben mit Rücksicht auf ihre Spannkraft überhaupt eindringen können, allgemein im tropfbarflüssigen Zustande sich befinden müssen. Diese Annahme bestätigt die Erfahrung: Wenn die Grundwasser in der Tiefe allgemein in Dampf übergehen sollten, so müsste die ganze Erdoberfläche überall ununterbrochen durch Aufkochungen erschüttern, und die in den Spalten emporsteigenden Dampfblasen würden die Grundwasser allgemein bis zum Grundwasserspiegel erhitzen, was jedoch allgemein nicht der Fall ist. Solches Emporströmen von Dampf findet unter lokalen Verhältnissen nur bei bedeutenden Erdbewegungen statt; so hat z. B. beim Erdbeben in Calabrien das Meer unweit von Messina aufgekocht, beim Erdbeben in den Alluvien des Brahmaputra ist der Dampf mit der Heftigkeit eines Kanonenschusses emporgeschossen u. s. w. Wenn nun, wie die Erfahrung lehrt, das Grundwasser unter lokalen Verhältnissen aufkocht und eine Erderschütterung oder Erdbewegung erzeugt, so muss die Ursache hiervon in den Eigenschaften des unter Druck erhitzten Wassers liegen.«

Die Hauptursache, welche zu Explosionen des überhitzten Wassers in den Tiefen der Erde führen kann, ist — genau so, wie vielfach bei Explosionen von Dampfkesseln — die Verminderung des belastenden Druckes. Aber wie kann eine solche lokal im Erdinnern vorkommen? Dlabač sagt: infolge von Molekularwirkungen,

welche zwischen Wasser und den festen Schichten der Erde eintreten. »Es ist insbesondere die Adhäsion, durch welche der Druck der belastenden Wassersäule zum grössern oder geringern Teile vermindert wird; das Wasser haftet an den Teilchen der festen Körper, aus welchen die Schichten der Erdrinde gebildet sind; hierdurch wird die Last der Wasserteilchen zum Teil auf die festen Schichten dor Erdrinde übertragen, so dass nur ein Teil des Druckes der belastenden Wassersäule auf die tiefern Wasserschichten übertragen wird. Durch diese Molekularwirkungen wird jedoch der Einfluss der Schwere der Wasserteilchen nicht gänzlich aufgehoben, da die Erfahrung lehrt, dass trotz Molekularwirkungen das Wasser in allen zugänglichen Schichten der Erdrinde verbreitet ist, so dass das Eindringen des Wassers in die Tiefe durch Molekularwirkungen nicht verhindert, sondern nur die Geschwindigkeit der Bewegung nach Massgabe der Durchlässigkeit der Schichten herabgemindert wird. Nach Beschaffenheit und Durchlässigkeit der die Erdrinde bildenden Schichten müssen die Molekularwirkungen in einem gewissen Verhältnisse den Druck der belastenden Wassersäule herabmindern, und umgekehrt ist diese Herabminderung des Druckes lokal von der Beschaffenheit der die Erdrinde bildenden Schichten abhängig. Es fehlen Erfahrungen für die Beurteilung, wie gross der Einfluss der molekularen Wirkungen bei der verschiedenartigen Beschaffenheit der Bodengattungen taxiert werden soll; jedenfalls dürfte dieser Einfluss bei einer undurchlässigen Lettenschicht bedeutend grösser sein, als in einer durchlässigen Sandschicht. So wird z. B. dass Wasser durch eine vertikale Röhre mit einer bedeutenden Geschwindigkeit durchfliessen; wird dieselbe mit durchlässigem sandigen Boden gefüllt, so wird es mehrere Minuten und bei gewachsenem Lettenboden mehrere Stunden dauern, bevor bei demselben Drucke das Wasser bis zur untern Ausmündung durchdringt. Diese Erscheinung kann nur durch molekulare Wirkungen, beziehungsweise Widerstände erklärt werden. Sind die vorausgesetzten molekularen Wirkungen in den überlagernden Schichten gross genug, so kann das Wasser in der Tiefe infolge der Verringerung des Druckes der belastenden Wassersäule selbst überhitzt werden.«

Dlabač zeigt des nähern, dass die Möglichkeit einer Wasserdampfexplosion mit der Tiefe sich steigert, und dass eine Explosion in der Magmaschicht am wahrscheinlichsten ist. »Die Erfahrung lehrt, dass die Erdbeben und die vulkanischen Ereignisse in lokal beschränkten Räumen auftreten, so dass angenommen werden muss, dass auch die Ursachen dieser Ereignisse lokal verbreitet sein müssen, dass überhaupt die örtlichen Verhältnisse auf dieselben einen überwiegenden, ja entscheidenden Einfluss ausüben müssen; auch die lokale Anhäufung von grössern Wassermengen (Lösungen von geringerer Dichtheit) in der Tiefe, muss ebenfalls eine wesent-

liche Voraussetzung einer Explosion sein. Die massgebenden Momente, welche eine unterirdische Explosion herbeiführen, müssen unter den verschiedenen lokalen Verhältnissen sehr kompliziert sein und entziehen sich der Beurteilung.«

Es dürfte der eine oder andere Geologe vielleicht meinen, diese Dlabač sche Theorie der seismischen Kraft sei nichts Neues, indem auch schon früher Dampfexplosionen zur Erklärung der Vulkanizität herbeigezogen worden seien, ja die Humboldt-Buch'sche Vulkanhypothese lediglich darauf beruht. Allein diese letztere und überhaupt die ihr analogen Hypothesen früherer Geologen sind nur ganz vage Annahmen, die auf keinen numerischen Erwägungen beruhen, ähnlich wie die Suess'sche Theorie vom successiven Zusammenbruche der Erdrinde auch schon lange vorher ausgesprochen worden ist, ehe der Wiener Geologe sie wahrscheinlich zu machen unternahm.

Dlabač sagt: »Bei unterirdischen Explosionen, bei welchen der Dampf nicht emporsteigen kann, sondern in den Schichten verbleiben muss, muss derselbe, nachdem er durch Expansion die Arbeit verrichtet hat, wieder kondensieren, was unter neuerlichen Erschütterungen sich vollziehen muss; wenn diese Ansicht richtig ist, so müssten hebende Erschütterungen bei Entstehung der Dampfblase und sinkende Erschütterungen bei Kondensierung derselben unterschieden werden; es müssen somit bei einem Erdbeben lokal die eine oder andere oder beide Arten der Erschütterungen beobachtet werden; insbesondere müssten z. B. die Erschütterungen, welche die Thätigkeit eines Vulkanes abschliessen, einen senkenden Charakter haben.

Die flüssige Magmamasse wird in einzelnen Fällen durch den Explosionsstoss zu den Schlünden der Vulkane verschoben und steigt sodann durch dieselben in die Höhe, wodurch die Vulkane in Thätigkeit versetzt werden; dabei werden die losen vulkanischen Produkte durch weitere Explosionen aus dem Krater wie aus einer Kanone förmlich emporgeschossen, wogegen die wasserärmern Laven aus der Spalte herausströmen. — In andern Fällen wird die flüssige Magmamasse bloss verschoben, und es entsteht eine Hebung beziehungsweise eine Aufblähung des Bodens; die Aufblähung berstet, und wenn die gebildete Spalte durch die ganze Erdrinde bis zum Magma reicht, so kann die Magmamasse emportreten, und können selbst neue Vulkanberge entstehen. Es ist natürlich, dass durch die Verschiebung der Magmamasse unter der Erdrinde Niveauveränderungen, auch wenn sie nicht beobachtet werden, entstehen, welche allgemein aus einer Hebung der Erdoberfläche und einer korrespondierenden Senkung der Erdrinde auf der Stelle, wo die Explosion stattgefunden hat, bestehen müssen. Gewöhnlich wird jedoch entweder gar keine Veränderung oder bloss eine Hebung oder Senkung beobachtet, wogegen die andere korrespondierende Niveauveränderung unbekannt bleibt.

In Bezug auf die verschiedenen Wirkungen der Wasserexplosionen als seismischer Kraft unterscheidet Dlabač: »1. Wasserexplosionen auf der Erdoberfläche; zu dieser Kategorie gehören die Wasserexplosionen mit Geysirerscheinungen und sonstige heisse Springbrunnen. 2. Wasserexplosionen in mässigen Tiefen in den Alluvial-, Diluvial- und Meeresanschwemmungen, noch oberhalb der eigentlichen Lithosphäre; zu dieser Kategorie gehören die Erdbewegungen im angeschwemmten lockern Boden in den Alluvien einiger Flüsse u. s. w. mit Grundwassererguss, Schlammerguss und Niveauveränderungen u. s. w. 3. Wasserexplosionen in den Spalten der Lithosphäre; zu dieser Kategorie gehören die Erdbeben in den Gebirgen und anderswo, welche die Lithosphäre mehr oder weniger heftig erschüttern. 4. Wasserexplosionen in der flüssigen Magmaschicht unterhalb der festen Erdrinde, ohne oder mit Störungen; zu dieser Kategorie gehören gewisse Erdbeben, Erdbewegungen mit Vulkanausbrüchen und Niveauveränderungen, Seebeben, ferner die Umwälzungen der Erdrinde mit Hebungen und Senkungen der Kontinente und Gebirgsbildung.«

Erdbebenherdlinien. E. Harboe weist darauf hin,[1]) dass die Annahme eines Epizentrums bei den grossen Erdbeben besonders gegenüber den Zeitangaben vielfach zu unannehmbaren Resultaten führe. Besonders findet sich, dass manche Zeitangaben sich als gar zu früh im Verhältnisse zur Entfernung der betreffenden Orte vom erwähnten Zentrum darstellen, ohne dass man dieselben ohne weiteres als irrig verwerfen könnte. »Sollen auch alle diese »zu frühen« Zeitangaben neben allen andern Angaben, die man zu stark abweichend gefunden hat, berücksichtigt werden, so wird die zentrale Ausbildungsweise nicht länger behauptet werden können, und man muss deshalb eine andere Ausbildungsweise voraussetzen, die eine bessere gegenseitige Übereinstimmung der Zeitangaben erlaubt. Als nächster Schritt bietet sich dann die Annahme einer Ausbildungsweise wie derjenigen dar, zu welcher die Betrachtung der Zeitangaben des Agramer Erdbebens am 9. November 1880 (den Verf.) geführt hat. Das heisst: es ist anzunehmen, dass die Erdbeben unter gewissen Linien entstehen, welche sich auf der Erdoberfläche durch das Schüttergebiet hinziehen, die sogenannten »Herdlinien«, indem das Entstehen übrigens mehr oder weniger gleichzeitig und mit grösserer oder kleinerer Intensität und Dauer unter den verschiedenen Stellen dieser Linien eintreten kann. Die Annahme des Vorkommens solcher Herdlinien wird nicht allein die gegenseitige Übereinstimmung der Zeitangaben in hohem Grade erleichtern, sondern auch sehr zur Erklärung der Formen der Isoseismen beitragen, weil die Energie der Erdbebenwellen in der Herdlinie selbst am grössten sein und von

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1901. 5. p. 206.

hier aus nach beiden Seiten abnehmen muss. Weiter eröffnet diese Annahme eine Möglichkeit für die Erklärung des grossen Unterschiedes, welcher mit Rücksicht auf die Flächenausdehnung zwischen dem tektonischen und dem vulkanischen Erdbeben vorkommt.«

Die Orte, von denen besonders frühe Zeitangaben mitgeteilt sind, haben aller Wahrscheinlichkeit nach in oder ganz nahe an einer Herdlinie gelegen, und dadurch werden alle diese Zeitangaben, von denen man bisher abgesehen hat, weil man sie als unwahrscheinlich betrachtet hat, von der grössten Bedeutung für das Einzeichnen der Herdlinien. Der Zeitpunkt für das Entstehen des Erdbebens in den Herdlinien selbst ist hauptsächlich auch durch diese Zeitangaben zu bestimmen.

Harboe macht eine Anwendung seiner Theorie der Herdlinien zunächst auf das Erdbeben von Charleston (1886 August 31) da bezüglich dieses eine grosse Zahl zuverlässiger Zeitangaben vorliegen. Er findet, dass neun Herdlinien von Charleston ausgehen, ausserdem finden sich in grösserer Entfernung noch mehrere andere. Das Erdbeben ist durchgehends mit ziemlich geringen Zeitunterschieden längs der Herdlinien entstanden. »In zwei Beziehungen zeigen die gefundenen Herdlinien eine merkwürdige Gesetzmässigkeit, die, weil sie keineswegs voraus vermutet wurde, sehr für die Richtigkeit der Herdlinien sprechen dürfte. Erstens bemerkt man nämlich eine strahlenförmige Ordnung der Herdlinien, welche ihren Ausgangspunkt eben in oder in der Nähe von Charleston hat, wo die Erschütterungen am stärksten gewesen sind. Die schwächern und kürzern abgesonderten Herdlinien, die in den peripherischen Teilen des Schüttergebietes vorkommen, können nur als sekundär und teilweise als Nachbeben betrachtet werden.

Weiter zeigen die Herdlinien im ganzen eine markierte Abhängigkeit von den Terrainformen. Von den Hauptherdlinien gehen sechs hauptsächlich parallel mit den Hauptrichtungen der Küsten. Wo die Herdlinien in die Nähe des Alleghanygebirges kommen, biegen sie vor diesem ab, gehen sodann aber parallel mit demselben weiter. Dies ist der Fall mit fünf Herdlinien, nur eine bricht schräg, ungefähr in meridionaler Richtung, durch das Gebirge. An mehrern Orten scheinen die Herdlinien selbst grössern Thalwegen oder Einsenkungen zu folgen.

Dass bei Erdbeben eine gewisse Abhängigkeit zwischen den Isoseismen und den Terrainformen vorkommt, hat man schon oft bemerkt. Daraus folgt, dass auch die Herdlinien eine gewisse Abhängigkeit von den Terrainformen zeigen. Für das Erdbeben von Charleston sieht man also, dass die Herdlinien weit vollständiger als die Isoseismen die Verbindung zwischen den Erdbeben und den Terrainformen hervortreten lassen.

Harboe behandelt den Fall im Erdbeben am 12. Juni 1897, für welches die Zeiten nicht so reichlich vorhanden sind, als für das

oben genannte. Auch bei diesem Erdbeben zeigen die Herdlinien grosse Übereinstimmung mit den Hauptzügen der Terrainformen. Eine Herdlinie folgt dergestalt gegen Westen in grossen Buchten der Gangesniederung, und gegen Osten geht sie längs der Südseite des Shillongplateaus. Ihr Seitenast umkreist die Assamgebirge gegen Norden und Westen und scheint sich im Meere längs der Küste Assams fortzusetzen. Eine andere Linie geht von den Himalayagebirgen gegen Südosten in das Shillongplateau hinein, biegt aber hier um und folgt dem Laufe des Brahmaputra gegen Nordosten. Ihr Seitenast geht längs der Westseite des Shillongplateaus dem Laufe des Brahmaputra gegen Süden folgend und demnächst weiter über die Gangesniederung gegen die Ostküste Vorderindiens, welcher er, nach der Zeitangabe 16^{h} 29^{m} für Bezwada (80° 40′ Lg., 16° 31′ Br.) zu urteilen, wahrscheinlich weiter gegen Süden gefolgt ist. Eine andere Linie scheint ziemlich entlang den Gebirgen Assams zu gehen, und so könnte noch anderes hervorgehoben werden.

Für das Erdbeben von Agram kam Verf. zu dem Resultate, dass dasselbe die Folge einer gewiss lokalen, aber doch sehr ausgedehnten Senkung der Erdrinde war. »Durch eine solche Senkung müssen die Seitendrucke in dem betreffenden Teile der Erdrinde schon wegen der Näherung des Erdrindenteiles zum Erdzentrum durchschnittlich vergrössert werden; aber wenn die Senkung hauptsächlich unter Benutzung der Elastizität der Erdrinde geschieht, so werden die Seitendrucke wegen der Biegung der Erdrinde besonders in den obersten Schichten und längs der am tiefsten gesenkten Teile derselben vergrössert werden. Wenn die Seitendrucke auf solche Weise an gewissen Orten nach und nach bis zu einer gewissen Grenze in den obern Schichten gewachsen sind, entsteht an diesen Stellen eine Lossprengung der Schichten, wodurch die Erschütterungen des Erdbebens bewirkt, und die Seitendrucke verteilt werden. Die hier sowohl für das Charlestoner Erdbeben als auch für das indische Erdbeben angedeutete Verbindung zwischen dem Laufe der Herdlinien und den Terrainformen, die sich auch beim Agramer Erdbeben deutlich vorfindet, würde die Annahme stützen, dass auch diese zwei Erdbeben auf eine ähnliche Weise entstanden seien, wie dasjenige von Agram. Weil die Biegung der Erdrinde vorzugsweise da entstehen muss, wo die Erdrinde am schwächsten ist, so scheint jener Zusammenhang auf eine von den Terrainformen bedingte Verschiedenheit in der Biegsamkeit der Erdrinde zu deuten. Besonders dürften die Bergketten steifere und stärkere, Niederungen und Thalwege dagegen biegsamere und schwächere Partien der Erdrinde darstellen. Zu einem solchen Resultate ist auch schon Prof. A. Heim auf einem ganz andern Wege in seinem »Mechanismus der Gebirgsbildung« (Basel 1878, II. Tl., p. 219—221) gelangt. Die Richtigkeit der Annahme vorausgesetzt, erscheint es sehr denkbar, dass die Verminderung der Seitendrucke

unter gewissen Umständen Senkungen in den losgesprengten Erdschichten hervorruft, die wieder solche Risse und Sprünge verursachen können, wie diejenigen, die Oldham für das indische Erdbeben beschrieben hat.«

6. Vulkanismus.

Die geographische Verbreitung der Vulkane. Mit Bezugnahme auf eine von ihm ausgearbeitete Karte giebt Dr. Karl Wägler eine litterarische Studie über die geographische Verbreitung der vulkanischen Erscheinungen auf der Erde[1]) unter Mitbenutzung der Tiefenkarten der Ozeane. Er unterscheidet drei grosse Gebiete der vulkanischen Thätigkeit, denen sich möglicherweise in Zukunft noch eins oder mehrere zugesellen können.

Das schon früher als solches erkannte Vulkangebiet ist das pazifische Becken, woselbst sich die Vulkanthätigkeit auch am intensivsten gezeigt hat. Es wird vollkommen von Kettengebirgen, denen Vulkane aufgesetzt sind, umschlossen.

Die längste ununterbrochene Schranke bildet die Westküste Amerikas, die sich über bald 120 Breitengrade erstreckt. An sie schliesst sich im Norden der Bogen der Aleuten an, dann Kamtschatka, die Inselketten der Kurilen, der japanischen und Liu-kiuinseln, weiterhin Formosa, die Philippinen, Molukken, Neuguinea mit den Louisiaden, die Salomoninseln, Neuen Hebriden, Viti-, Tonga-, Kermadekinseln, Neuseeland, Auckland, Campbell, Ballenyinseln, Viktorialand, Peters I. Insel, Grahamsland mit den unmittelbar vorgelagerten Inseln. Diese letztern beginnen einen leicht nach Osten geschwungenen Bogen in Süd-Nordrichtung. Sein anderes Ende bildet Feuerland, das den Übergang zu Amerika und somit die Schliessung des Kreises um den Stillen Ozean vermittelt.

Ein Blick auf die Karte giebt sofort eine Zweiteilung des pazifischen Beckens in einen grossen nördlichen und einen kleinern südlichen Abschnitt. Diese wird durch das pazifische Inselmeer und die »Osterschwelle« (Supans) hervorgerufen.

Mit Hilfe der Tiefenkarten ist Verfasser zu folgenden fünf Gebieten gelangt:

1. Das »nordpazifische Becken« wird vom übrigen durch eine Linie abgeschnitten, deren Hauptstützpunkt die Hawaiiinseln mit ihren westlichen Ausläufern bilden (Supans Hawaiischwelle). Dieses Becken ist neben der ausserordentlichen vulkanischen Thätigkeit, die sich hier zeigt und früher ihre Denksteine gesetzt hat, noch durch die Anhäufungen grosser Tiefen an der nordwestlichen Begrenzung und ausserdem östlich der Sandwichinseln ausgezeichnet.

Westlich und südlich wird das eben besprochene Gebiet vom »westpazifischen« berührt, dessen Ausdehnung durch eine Linie

[1]) Mitteil. d. Vereins f. Erdkunde zu Leipzig 1900. p. 1—11.

ungefähr von Kuré (das der Hawaiischwelle aufsitzt, ca. 178° W. v. G. und $28^{1}/_{2}$° N.) nach Wake, dem nördlichsten Ausläufer der Marschallinseln, diesen selbst, den Karolinen- und Palauinseln vollkommen bestimmt ist, von welch letztern die Grenze auf Halmaheira (= Djilolo) einläuft. Djilolo bildet dann mit den Philippinen und den japanischen Inseln den Rest der Umrandung dieses Teiles. Die Marianenreihe teilt dieses Gebiet wieder in das westlich gelegene »Philippinen-« und das östliche »Marianenbecken«, die beide durch den »Karolinengraben« miteinander verbunden sind.

Südlich weiter gelangen wir zum »pazifischen Mittelmeere«. Neben den Grenzen gegen die andern Gebiete haben wir noch eine Linie von den Marschall- über die Gilbert-, Elliceinseln, die südlich von ihnen gelegenen Untiefen, die zerstreuten Inseln Uea, Futuna und Alofi nach den Vitiinseln zu nennen. Die übrigen Grenzen sind aus der Festlegung des ganzen pazifischen Beckens ohne weiteres klar.

Das »melanesische« Nebenbecken löst sich durch das Ende der Salomon-, die Santa Cruzinseln, Rotuma und Futuna ab.

Von hier aus wenden wir uns nun östlich zum »Zentralpazifischen Becken«. Von dem noch übrig bleibenden Stücke der nördlichen Hälfte des Stillen Ozeans wird es durch eine Grenze abgetrennt, die vom Ostende der Hawaiiinseln nach den Marquesas und Pitkairn führt. Nach dem Vorkommen vulkanischer Produkte sondert sich von ihm noch die langgestreckte (fast grabenförmige) »polynesische Mulde« ab, die zwischen den Gesellschaftsinseln, Mangarewa, Rapa-iti, Tubuai-, Cookinseln und dem Ostende der Samoainseln gelegen ist.

Den Rest des nördlichen Abschnittes des pazifischen Beckens möchte Verfasser mit dem Namen »ostpazifisches Becken« belegen.

Bei dem viel kleinern südlichen Teile des Beckens des Stillen Ozeans lassen sich nur drei Unterabteilungen unterscheiden:

Verbinden wir Salas y Gomez mit den Juan Fernandezinseln und führen die Linie bis zur Bucht von Arauka (südlich von Concepçion [ca. $37^{1}/_{2}$° S.]), so schneiden wir das an der südamerikanischen Küste sich hinziehende »tropische Becken« ab.

Dieselbe Verbindungslinie umschliesst das »pazifische Südostbecken« im Norden. Im Westen bewirken die Trennung vom übrigen Gebiete die Osterinsel, die Untiefe von 2928 *m* (etwa $38^{1}/_{2}$° S. und 112° W.), Doughertyinsel und Peters I. Insel.

Das übrig bleibende, nicht weiter zu zerlegende Becken mag als das »südpazifische« eingeführt werden. In ihm findet sich, ähnlich wie im »nordpazifischen«, eine Anhäufung von grossen Tiefen auch an der Westseite.

Von den »Gliedern« des pazifischen Beckens sind zu erwähnen:

1. Das »Beringbecken«, dessen Lage unmittelbar aus dem Namen ersichtlich ist, dessen genauere Begrenzung der Verfasser

aber unbestimmt lassen möchte, soweit sie nicht aus seiner Lage zwischen dem asiatischen und amerikanischen Kontinente hervorgehen.

2. Das »japanische« Becken. Die Lage und Ostgrenze gehen aus dem Namen hervor. Im übrigen umgeben es die Bruchlinien mit den Vulkanen der Halbinsel Liaotung und in der Provinz Kirin, Halbinsel Korea und die Fortsetzung des durch die Kurilen angegebenen Bogens über die Insel Jesso nach dem asiatischen Festlande.

Diese beiden Becken könnten auch den Übergang zu einem vierten grossen Gebiete (asiatisch-arktisch), in das auch die eurasische Senke einzurechnen wäre, bilden. Als Aussenstücke des Grossen Ozeans sind ferner noch zu nennen: 3. Das Sulubecken; 4. das Celebesbecken; 5. das Bandabecken. Die Grenzen sind vielleicht in Rücksicht auf die geographische Verbreitung des Vulkanismus mit den Sundainseln und Hinterindien in das »südostasiatische« Gebiet zusammenzufassen.

Ein »indisch-antarktisches« Becken wird umschlossen von den Salomoninseln an bis Grahamsland und seinen Vorlagerungen von der Grenze des soeben behandelten »pazifischen« Beckens. Dann aber bezeichnen die Südsandwich-, Bouvet-, Prince Edwards-, Crozet-, Kergueleninseln, Neuamsterdam, Maskarenen die Marksteine der Grenze. Weiterhin verläuft die Scheidelinie durch Madagaskar, die Comoren längs des Zentralafrikanischen Grabens, durch Abessynien, das rote Meer, Jordanbruch nach Armenien. Von hier aus wendet sie sich nach dem Südende des Kaspisees, schneidet in leicht geschwungenem Bogen durch Persien hindurch nach der Halbinsel Gundscherat durch Vorderindien nördlich von 20° zum Irawadi. Dann ändert sich ihre Richtung wieder in eine südliche durch die Landschaft Irawadi nach den Andamanen. Längs der Sundainseln wendet sie sich endlich nach Neuguinea zurück zwischen Banda- und Alfurensee hindurch.

1. Die Valdiviaexpedition hat südlich etwa vom 55.° südlicher Breite das über 5500 m tiefe „antarktische" Becken gefunden, dessen natürliche Nordgrenze die Südsandwich-, Bouvet-, Prince Edwards-, Crozet-, Kerguelen- und Macdonald- (Heard)inseln bilden. Der weitere Verlauf der Trennungslinie ist nicht festzustellen. Verläuft sie zwischen Südpol und Polarkreis, so würde diese zugleich auch als Südgrenze des

2. »australischen« Gebietes gelten können, dessen Umfang noch durch eine Linie von den Maskarenen über den unterseeischen Vulkan mitten im Indischen Ozeane (ca. 7° S und 89° O v. G.) nach dem NW-Ende von Sumatra bezeichnet wird. Längs der Insel Java und etwas noch über sie hinaus zieht sich der Sundagraben hin. Von dem »australischen« Gebiete lassen sich durch die vulkanische Ostküste von Australien, ferner durch Tasmanien und die Balleny-

inseln drei kleinere östliche und ein grösseres westliches Becken abtrennen. Letzteres nennt Verfasser »westaustralisches« Gebiet. Die drei Gebiete sind, von Süden aus gezählt:

a) »Neuseeländische Mulde«, die durch den „Neukaledonischen" Rücken bis zu seinem Schnitte mit der Verlängerung der Südostküste Australiens abgetrennt wird.

b) »Kermadekbecken« (»Fidschibecken« Supans) durch eine von den Hebriden an der Südostspitze Neukaledoniens vorbeiführende und sich dann nach Neuseeland wendende Linie abgeschlossen.

c) »Korallenmeerbecken«, der Rest des Abschnittes.

Als Unterabteilungen des »indisch-antarktischen« Gebietes sind noch das

3. »indisch-afrikanische« und das

4. »arabische« Gebiet zu nennen. Diese beiden stossen längs der Linie der arabischen Südküste bis zur Kuria-Muriabay zusammen. Dann wendet sich die gemeinsame Grenze nach der Verbreiterung des persischen Meerbusens, in der die Bahr el Benatinseln gelegen sind, und über diesen hinweg zum »persischen Bogen«.

Dazu gesellt sich noch zwischen den beiden afrikanischen Gräben

5. die »ostafrikanische Platte«, deren genauere Bestimmung ohne weiteres klar ist.

Weit über die Küsten der angrenzenden Kontinente erstreckt sich das »atlantische« Gebiet. Die Ausdehnung dieses ist durch die andern im Osten, Süden und Westen vollständig bestimmt. Nach Norden hingegen möchte Verfasser die Grenzen zunächst noch offen lassen. Bei Annahme des asiatisch-arktischen Gebietes würden England, Island, Neufundland und die nördlichsten vulkanischen Spuren in Amerika das Ende des atlantischen Gebietes in dieser Himmelsrichtung bezeichnen.

Von ungefähr 50° südlicher Breite bis gegen den nördlichen Polarkreis lassen sich verschiedene Unterabschnitte auseinanderhalten. Die Haupteinteilung in eine östliche und westliche Hälfte giebt die »atlantische Schwelle«. Diese ist im Süden zunächst durch die ihr aufgesetzten vulkanischen Inseln bezeichnet: Bouvetinsel, Goughinsel, Tristan da Cunha, Ascension. Dann folgen die submarinen Vulkane wenig südlich vom Äquator und St. Paul. Von hier zieht sie sich in einem nach Westen gewölbten Bogen nach der Azorengruppe. Darauf wendet sich die Erhebung nach Norden bis etwa 49° Norden, durch ungefähr fünf Breitengrade nach Nordwest, um dann umlenkend von Südwest auf Island einzulaufen. Ihre Fortsetzung findet sie in Jan Mayen, vielleicht auch im Spitzbergenplateau Supans.

1. Betrachten wir die Verbreitung der vulkanischen Erscheinungen auf der Karte, so fällt sofort auf, dass die Azoren, Madeira, Ahaggar, Tibesti, el Melha in einer fast geraden Linie liegen, die

in Abessynien einmündet und von der Osthälfte des atlantischen Gebietes ein Stück abtrennt, das fast $^{2}/_{8}$ von Afrika enthält. In diesem Gebiete bringt wieder die ganz markante Linie St. Helena — Inseln des Guineabusens — Kamerun eine Teilung hervor. Hier spaltet sich diese Verbindung jedoch in zwei Arme, von denen der eine über Aïr (Asben) nach Ahaggar, der andere nach dem Djebel Marrah und el Melha führt. In dem Winkel, den sie bilden, liegt

a) die »Tsadseesenke«, westlich davon

b) das »westafrikanische« Gebiet und die »mittelatlantische Mulde«, die in einer Linie Madeira—Kanarische—Kapverdische Inseln—unterseeische Vulkane unter 20° W. aneinander stossen.

c) Südlich der Tsadseesenke befinden sich das »zentralafrikanische« und »südafrikanische« Gebiet. Der Walfischrücken, die Spuren vulkanischer Thätigkeit quer durch Südafrika, bis zum Nyassasee, der dem Grabengebiete angehört und somit der Grenze des indisch-antarktischen Gebietes, trennen sie voneinander. Das »Maskarenenbecken« ist ein Nebengebiet des südafrikanischen und wird durch die Crozetinseln, die Untiefe von 1646 *m* (30° 20′—35° 30′ S, 54°—52° O) und die südwärts ziehende Vulkanreihe Madagaskars abgetrennt.

2. Den Norden der Osthälfte nimmt das »Mittelmeergebiet« ein. Das nördliche Ende wird durch die Südgrenze der eurasischen Senke auf dem europäischen Festlande bezeichnet, ferner durch Frankreichs mächtige vulkanische Massive und die geringen Spuren in Spanien. Als Unterabteilungen ergeben sich ohne weiteres a) »Balearen« und b) »Tyrrhenische Becken«, ferner c) die »Fessansenke« zwischen Tibesti, Ahaggar und Djebel es Soda, Djebel Schergija Harudj assod und abiad, die »durchweg ein und dasselbe Massiv bilden«. Von einer weitern Gliederung des Mittelmeergebietes möchte Verfasser absehen.

3. Als selbständiges, fast vollkommen vom Vulkanismus umschlossenes Becken stellt sich das »westindische« dar, das von den grossen und kleinen Antillen, Südamerika, Mittelamerika und der Vulkanreihe von Mexiko umgeben wird. Eine Gliederung des »amerikanischen« Gebietes, nördlich dieses westindischen Beckens, ist wohl nicht angebracht.

4. Zwischen der atlantischen Schwelle von der Bouvetinsel bis St. Pauli, Fernando de Noronha, Trinidad (20° S), der Untiefe von 658 *m* (31° S, 35° W), der Bank in 45 *m* Tiefe (49°—45° S, 35°—27° W) und den Südsandwichinseln liegt die »südatlantische Mulde«, westlich von ihr das »südamerikanische Gebiet«.

Die Gliederung und Namengebung der einzelnen Gebiete ist geeignet, den Anschein zu erwecken, als wiese der Verfasser dem Wasser eine wichtige Rolle in der Verbreitung des Vulkanismus zu. Er hält vielmehr die Füllung von Becken mit Wasser oder Eindringen des Wassers in Vertiefungen und vulkanische Eruptionen für gleich-

zeitige Folgen einer Ursache, der Zusammenziehung der Erde. »Mag nun das Erdinnere fest oder flüssig oder plastisch sein, es steht unter dem Drucke der festen Erdmassen. Sobald nun Brüche entstehen, werden die heissen Massen entlastet und quellen empor, sich infolge der Druckverminderung ausdehnend. Anderseits haben Brüche und Absenkungen der zwischenliegenden Schollen die Folge, dass das Wasser in den entstandenen Vertiefungen entsprechend seiner Schwere sich sammelt. Werden nun innerhalb der Bruchbänder durch emporgedrungene Massen oder in anderer Weise Teile von irgendwelcher Grösse oder Form abgegrenzt, so entstehen Komplexe von Seen innerhalb der Ränder des nicht mit in die Tiefe gegangenen Landes.«

Neue Forschungen über die Entstehung des vulkanischen Ries bei Nördlingen. Der etwa 20 *km* im Durchmesser haltende, 100 *m* tiefe kesselförmige Einbruch im weissen Jura bei Nördlingen, der unter dem Namen das Ries bekannt ist, ist bezüglich der Art und Weise seiner Entstehung den Geologen ein merkwürdiges Problem. Gümbel erklärte ihn für das Ergebnis eines Vulkanausbruches mit nachfolgender Senkung, wodurch ein moorartiges Wasserbecken entstand, das später nach Durchsägung der Umrandung abfloss. Nach den Ablagerungen zu schliessen, muss die Entstehung des Kessels in die Miocänzeit fallen, der Durchbruch dagegen in die quartäre Epoche versetzt werden. In jüngster Zeit haben Prof. W. Branco und Prof. E. Fraas das Riesgebiet zum Gegenstande einer genauen Untersuchung gemacht und kommen zu dem Resultate, dass alle dort wahrgenommenen Erscheinungen auf das Wirken des Vulkanismus, spezieller auf dasjenige eines unterirdischen Lavaergusses, der nicht an die Oberfläche drang, zurückzuführen sind. Seit den Untersuchungen von Gilbert und Holmes in den Gebieten von Colorado und Utah weiss man, dass innerhalb sedimentärer Gesteinsschichten gewaltige lokale Eruptivmassen vorkommen, die offenbar von unten aus tiefen, glühendflüssigen Herden durch schmale Kanäle emporgepresst wurden und sich in den geschichteten Gesteinslagern seitlich ausbreiteten, wobei die überliegenden Schichten aufgewölbt wurden. Diese intrusiven Eruptivmassen werden Lakkolithen genannt, und sie treten bisweilen, wenn die überlagernden Sedimentschichten weggewaschen sind, zu Tage, meist aber bleiben sie unterirdisch. Einem solchen Lakkolithen schreiben Branco und Fraas auch die Entstehung des Ries zu, indem derselbe zuerst die Schichten domförmig emporwölbte, dann aber selbst einsank infolge von Hohlräumen in sich oder unter sich. Dadurch mussten auch die gehobenen Massen an der Oberfläche absinken, und so entstand der Kessel des heutigen Ries. Nun finden sich hier gewaltige Gebirgsstöcke älterer Juraschichten über jüngern Juraschichten gelagert, und diese Lagerung erklärten die beiden genannten Geologen durch örtliche Über-

schiebungen der Schichten, welche bei der Hebung der Scholle eingetreten seien, ehe der heutige Rieskessel gebildet war. Durch diese Überschiebungen wurden die darunter liegenden Schichten des weissen Jura geglättet, geschrammt und gekritzt, genau so wie es auch seitens der Gletscher geschieht, wenn sie über die Oberfläche des Bodens sich bewegen. Diese Ergebnisse sind von Prof. Koken bekämpft worden, und infolgedessen hat Prof. Branco die preuss. Akademie der Wissenschaften zur Gewährung der pekuniären Mittel bestimmt, um am Buchberge bei Bopfingen einen Schacht abteufen zu lassen, der Aufschluss über die Schichtung in der Tiefe bis zu 26 *m* gewähre.[1]) Branco und Fraas waren der festen Überzeugung, dass durch diesen Schachtbau ihre Auffassung bestätigt würde: es finde dort eine anormale Überlagerung, eine Überschiebung statt, wodurch die Glättung und Schrammung des weissen Jura hervorgerufen worden sei. Nach Ansicht der beiden Geologen musste in einer Tiefe von etwa 25 *m* die Lösung gefunden werden.

Diese Annahme hat sich bestätigt gefunden. Im Schachte wurde zunächst bis zu 11.58 *m* Tiefe typischer Braunjura β durchsunken, darauf bis zu 25.6 *m* Tiefe Braunjura α in Gestalt fetter, blaugrauer Letten mit einer Schichtung, welche ein deutliches Umbiegen zeigte so, als wenn die ganze Gebirgsscholle vorwärts geschoben worden ist, wobei die liegendsten Schichten auf der Unterlage geschleppt wurden. Dieses Verhalten weist allein schon auf eine Überschiebung, nicht aber auf eine senkrechte Aufpressung hin. Auch der weitere Umstand deutet, wie Branco und Fraas betonen, darauf hin, dass dieses Schichtensystem über seine Unterlage fortgeschoben wurde, dass nämlich die Thone gegen die nun unter ihnen folgende Geröllschicht nicht scharf absetzen, sondern oben in dieselbe etwas hinein verknetet sind.

Diese unter dem Braunjura α folgende Geröllablagerung ist eine etwa 0.65 *m* mächtige, völlig wie eine Grundmoräne aussehende Masse. In überaus fester, teils sandiger, teils mehr thoniger Packung liegen zahlreiche Gerölle von Weissjura (δ und ε), die völlig übereinstimmen mit den von Koken sogenannten »Buchberggeschieben«. Alle sind typisch gekritzt. Ausserdem aber fanden sich grössere Kalkstücke, darunter ein etwa 1 *m* langer, prächtig geschrammter und geglätteter Block; sodann Fetzen schwarzer Thone und seltener Stücke bunter, roter und schwarzer Feuersteine. Die ganze Masse ist ungeschichtet, wirr gelagert, nach oben hin mit dem Thone verknetet, nach unten hin ganz fest in alle Ritzen des nun folgenden Weissjura hineingepresst.

Die Oberfläche dieses anstehenden Weissjura β ist vollkommen eben abgeschliffen, also poliert, dabei dicht mit Schrammen bedeckt, die ungefähr O—W verlaufen, genau auf das Rieszentrum.

---

[1]) Sitzungsberichte d. preuss. Akademie d. Wiss. 1901. 22. p. 801 ff.

Aus diesem Befunde ergiebt sich eine Anzahl von Folgerungen, die Branco und Fraas eingehender begründen:

»1. Da der abgeteufte Schacht sich weitab von dem Rande, vielmehr nahe der Mitte der Braunjurakappe des Buchberges befindet, und da auf dem Boden dieses Schachtes sich der blankpolierte und geschrammte Weissjura β befindet, so ist zunächst bewiesen, dass dieser Weissjura sich unter dem ganzen braunen dahinzieht, dessen Unterlage bildend, und dass er überall unter der Braunjurakappe geglättet und geschrammt ist.

2. Es ist mithin die Frage, in welcher Weise die gewaltige Braunjurakappe des Buchberges an ihre jetzige Stelle oben auf der Alb gelangt sei, dahin gelöst, dass die Quenstedt-Kokensche Hypothese, der Braunjura sei auf einer den Weissjura durchsetzenden Spalte von unten herauf gepresst, sich als völlig unhaltbar gezeigt hat.

Dagegen ist die von uns beiden aufgestellte Erklärung, nach welcher hier eine anormale Überlagerung des Weissjura durch den Braunjura vorliege, nun zweifellos erwiesen.

3. Es würde sich sonach nur noch um die Frage handeln, welches die Kraft gewesen sei, die diesen (natürlich aber auch die andern analogen Gebirgsmassen am Riesrande) gewaltigen Gebirgsstock älterer Juraschichten hier oben herauf auf die jüngern Juraschichten geschoben habe.«

Wenn man die Glättung und Schrammung des Weissjura β, die darüberliegende, einer Grundmoräne absolut gleichende Masse mit ihren gekritzten Geschieben betrachtet, so kann es für den, welcher der Sache ferner steht, zunächst nur einen Gedanken geben: Eis.

Branco und Fraas entwickeln näher die Gründe, welche eine Eiswirkung ausschliessen, nämlich die Richtung der Schrammen, sowie die Lagerung und Mächtigkeit der Gebirgsschollen, und da senkrecht Aufpressung auch ausgeschlossen ist, so bleibt nur die Annahme, welche beide Geologen wirklich gemacht haben. »Damit aber,« sagen sie mit Recht, »haben wir zum erstenmal den Vulkanismus (bez. einen Lakkolith) als einen Faktor nachgewiesen, welcher Überschiebungen zu erzeugen vermag, die dann ganz in derselben Weise erscheinen, wie die durch gebirgsbildende Kräfte, im kleinen auch durch Eis, hervorgerufenen Überschiebungen.

Indem die Unterlage der überschobenen Masse, Weissjura β, völlig ebenso blank poliert und geschrammt worden ist, als wenn ein Gletscher dies bewirkt habe, ist damit ein neuer Beweis dafür erbracht worden, dass durch Überschiebungen eine ähnliche Glättung und Schrammung anstehenden Gesteins hervorgerufen werden können, wie durch Eis.

Da jedoch im vorliegenden Falle diese pseudoglaziale Glättung und Schrammung einer echt glazialen nicht nur ähnlich, sondern

absolut gleich, von derselben so ununterscheidbar sind, dass ein Kenner glazialer Bildungen, wie Koken es ist, dadurch völlig irregeführt werden konnte, so ergiebt sich die dringende Mahnung, im allgemeinen Vorsicht in den Schlüssen auf ehemalige Vergletscherungen walten zu lassen.

Diese Mahnung aber klopft noch ungemein viel dringlicher an die glaziale Thür, denn auf diesem Weissjura und unter dem braunen liegt eine Masse, die nun wieder völlig ununterscheidbar von einer Grundmoräne ist, dieselbe Packung besitzt, dieselben gekritzten Geschiebe führt wie eine solche — und doch nicht glazialen Ursprunges, sondern durch eine Überschiebung erzeugt worden ist.

Zwar kannte man bisher auch schon durch Überschiebungen hervorgerufene pseudoglaziale Glättung und Schrammung des anstehenden Gesteins. Zwar kannte man, unter den Überschiebungsmassen liegend, auch bereits »gequälte« Gesteine, so den Lochseitenkalk. Aber unseres Wissens zum erstenmal lernen wir jetzt unter einer Überschiebungsmasse und durch dieselbe erzeugt eine Bildung absolut gleich einer typischen Grundmoräne, voll von typisch gekritzten Geschieben und doch nicht glazialen Ursprunges, kennen.«

Die Entstehung der zahlreichen Kritzen auf den Geröllen ist eine sehr erklärliche: wenn über eine Ablagerung, die aus Quarzsand und Kalkgeröllen besteht, eine Gebirgsmasse von gewaltigem Gewichte langsam oder schnell fortbewegt wird, so muss notwendig das kalkige Gesteinsmaterial durch das quarzige geritzt werden. Da nun weiter in jener scheinbaren Grundmoräne ganz dieselben gekritzten Geschiebe liegen, welche Koken in ziemlich weiter Verbreitung am Ries nachwies, auf welche er seinen Nachweis einer diluvialen Vergletscherung des Ries mitgründete, so fällt dieser Teil seines Beweises zusammen.

»Wir dürfen vielmehr«, sagen Branco und Fraas, »diese gekritzten »Buchberggeschiebe« als Leitgesteine ehemaliger nichtglazialer Überschiebungen am Ries betrachten. Die heute noch auf der Alb vorhandenen Überschiebungsmassen, deren eine der Braunjura des Buchberges ist, können nur die letzten Reste einer ehemaligen weiten Überschiebungsdecke sein.

Offenbar war vor Beginn der Überschiebungen, also der Riesbergbildung, die ganze dortige Alb mit einer Decke dieser Kalkgerölle bedeckt. Sie bilden wohl ein Äquivalent der sogenannten Kalknagelfluh, welche an andern Orten der Alb auftritt, und mögen wie diese eine marine Strandbildung des Tertiärmeeres sein. Daher haben sie sich offenbar im Liegenden aller Überschiebungsmassen des Riesgebietes einst befunden, die später darüber hinwegglitten. Jene »Buchberggeschiebe« also sind nicht mit überschoben, sondern lagen schon vor der Überschiebung auf der Alb. Sie beweisen folglich an allen den Orten, an denen Koken sie fand, nicht etwa das

Vorhandensein diluvialer Gletscher, sondern sie deuten nur an, dass hier ehemals auf ihnen noch Überschiebungsmassen lagen; sie sind nun, wie der überwiegend grösste Teil der letztern, durch Abwaschung längst abgetragen.

Erklärlicherweise können diese »Buchberggeschiebe« bei der stets fortschreitenden Abtragung der Alb auch verstürzen. So versteht es sich sehr leicht, wie sie in Gehängeschuttmassen geraten konnten, die unten am Fusse der Berge lagern. Diese erscheinen nun infolge dieser »Geschiebe«-Führung fälschlich als Grundmoräne.

Koken hat diese »Buchberggeschiebe« auch an andern Orten im Ries nachgewiesen, wo sie freilich nicht vom Gehänge abgestürzt sein können. Dort sind sie dann wohl ein Beweis dafür, dass sich auch dort früher überschobene Massen befanden, bezw. noch befinden; denn da, wo heute die Tiefe des Rieskessels liegt, befand sich ja vordem auch die Alb. Soviel wir übersehen können, handelt es sich bisher hierbei nur um Örtlichkeiten, die nahe der Peripherie des Kessels gelegen sind, an welchen daher das Dasein von Überschiebungen auch einleuchtend wird.

Des Fernern ergiebt sich, dass diejenigen »Buchberggeschiebe«, welche sich oben auf der Alb befinden, nicht etwa aus dem Ries herstammen, aus dem sie erst durch Gletscher in die Höhe, auf die Alb hinaufgeschoben wären, sondern sie sind ursprünglich schon oben auf der heutigen Alb ausgebreitet gewesen und finden sich jetzt unten im Rieskessel nur darum, weil eben auch an Stelle dieses sich einst die mit diesen Geröllen bedeckte Alb ausdehnte.«

Angesichts dieser Ergebnisse am Ries fällt aber von dieser Stelle ein helles Licht auf viele Bildungen bis in andere Weltteile und in längst vergangene Jahrmillionen der Erdgeschichte, auf Bildungen, die man bis jetzt einer Wirkung der Gletscher zuschrieb. »Wenn wir,« sagen Branco und Fraas, »sehen, dass am Ries durch Überschiebungen Erscheinungen hervorgerufen werden, welche täuschend ähnlich den glazialen sind, so wird man mit vollem Rechte erwarten dürfen, dass auch durch andere Arten von Gebirgsbewegungen unter Umständen gleiches erzeugt werden könne.

Dieselbe Überlegung gilt natürlich ebenso von den im Rotliegenden Englands, sowie in jüngern Formationen anderer Länder auftretenden, als glazial gedeuteten Bildungen.

Fern liegt es uns, damit die Frage jener prädiluvialen Eiszeiten endgültig gelöst haben zu wollen. Vielleicht aber geben unsere Beobachtungen am Ries doch den Schlüssel, welcher jenes Geheimnis für manche dieser Vorkommen in anderer als glazialer Lösung mit erschliessen hilft.

Doch natürlich nicht nur auf die Frage der prädiluvialen Eiszeiten bezieht sich das. Auch der Nachweis diluvialer Vergletscherungen kann eventuell einmal dadurch in Frage gestellt werden: bisher galten hier Glättung, Schrammung und Grundmoränenstruktur als

unwiderlegliche Beweise für diluviale Vergletscherung. Nunmehr ist durch das krasse Beispiel des Ries die Unfehlbarkeit jener Kennzeichen für glaziale Bildungen erschüttert.«

Im Ries ist von dem Lakkolithen, den Branco und Fraas zur Erklärung der ganzen Bildung annahmen, nichts zu sehen, er muss tief im Erdinnern ruhen. Diese Annahme begründen die genannten Forscher durch eine Reihe interessanter Erörterungen. Das Riesgebiet, eine pfropfenförmige Scholle von 5 Quadratmeilen Grundfläche, ist offenbar hochgehoben worden, bis jetzt sind aber nur Lakkolithe als ein Agens bekannt, welches senkrecht, von unten herauf, die Erdrinde über sich hochhebt. »Magma, aus dem Erdinnern, welches einfach in einer Röhre oder Spalte aufsteigt, bezw. heraufgepresst wird, kann überhaupt nun und nimmer hebend auf die Erdrinde wirken, denn die Erdrinde wird ja von der Röhre, bezw. Spalte einfach durchsetzt! In einer Spalte oder Röhre giebt es nicht viel zu heben. Bricht sich das Magma erst den Weg durch die Erdrinde, eröffnet es sich selbst erst die Röhre, so wird es das wohl nur mittels Explosionen thun, wie es im benachbarten Gebiete von Urach der Fall war. Hierbei wird das Gestein der Erdrinde zerschmettert und herausgeschleudert, aber nie wird es gehoben in der Weise, wie das Ries gehoben wurde, als ein Ganzes, als ein Pfropfen. Haben dagegen gebirgsbildende Kräfte die Spalte eröffnet, so ist sie offen und wird höchstens in explosiver Weise noch erweitert. In beiden Fällen also wird nicht einmal das in der Röhre oder Spalte ursprünglich vorhanden gewesene Material als Ganzes gehoben. Noch viel weniger aber wird das im weiten Umkreise um diese Spalte herum gelegene Gebiet als ein Ganzes gehoben.

Nur dadurch, dass Magma aus dem relativ engen Bereiche seiner Ausbruchsröhre heraus und seitlich in die Erdrinde eintritt, bezw. eingepresst wird, nur dadurch konnte überhaupt diese Hebung der Erdrinde bewirkt werden. In demselben Augenblicke aber, in welchem Magma aus der Röhre heraus und seitlich in die Erdrinde eintritt, wird es zum Lakkolithen. Folglich muss man bei dem Ries von einem Lakkolithen reden.«

Der neue Kraterkegel des Vesuv, dessen Bildung im September 1900 begann und bis zum April 1901 fortdauerte, ist von Professor Semmola eingehend untersucht und nunmehr in den Berichten der Akademie zu Neapel beschrieben worden. Der Kegel besitzt eine Höhe von nur 40 *m*, ist aber so steil, dass er kaum erstiegen werden kann; an den Aussenwänden ist er mit einer dicken Sandschicht bedeckt, die seine Besteigung noch schwieriger macht. Die innere Höhlung des Kegels ist von unregelmässig elliptischer Form und teilt sich längs der grössern Axe in zwei Teile. In dem nach Nordost gelegenen Teile hat sich ein Krater gebildet, dessen Tiefe

25 *m* nicht zu übersteigen scheint. An seinem Boden befindet sich die Eruptionsöffnung, die eine ansehnliche Säule von Dampf und Gas ausschleudert. Auf der andern Seite des Kegels besteht ein kraterähnlicher, von Spalten zerrissener Graben, von rauchenden Wällen umgeben und von dem vorher erwähnten Krater durch eine Art von Mauer geschieden. Die innern Wände des Kraters sind mit ausgeblühten Salzkrystallen bekleidet, in denen verschiedene Schattierungen von Rot und Gelb vorherrschen. Der Dampf bricht in kugelförmigen Wolken aus der Öffnung hervor, die sich bei ruhigem Wetter über dem Krater zu einer schönen Pinie von einigen 100 *m* Höhe ausbreiten. Die gasigen Erzeugnisse enthalten Säuren, auch Schwefelwasserstoff war darin zuweilen nachweisbar. Auf der untern Seite fühlte sich die Wandung des Kegels heiss an, und in einer Tiefe von 50 *cm* wurde eine Temperatur von 50 Grad gefunden. Ein Lichtschein ist nachts nicht bemerkbar, und Professor Semmola schliesst daraus, dass der vulkanische Herd gegenwärtig in einer beträchtlichen Tiefe liegt. Die allgemeine Eigenart der Erscheinung und im besondern das völlige Fehlen von Explosionen, Asche und Bomben deutet darauf hin, dass die Thätigkeit des Vesuv beträchtlich ist, aber ohne heftige Äusserung vor sich gehen kann, weil die Ausbruchskanäle gegenwärtig nicht verstopft sind.[1])

Über die Bildung stickstoffhaltiger Salze im Vesuvkrater berichtet R. V. Matteucci der Pariser Akademie.[2]) Am 1. September 1899 hörte die Lava des bis 3. Juli 1895 mehr oder weniger thätigen Vulkans auf, durch einen Seitenspalt auszufliessen. Der 200 *m* tiefe Krater füllte sich jetzt allmählich wieder, so dass er am 24. April 1900 nur noch 80 *m* Tiefe hatte und ein basischeres, sowie an gasigen Produkten reicheres Magma enthielt. Nunmehr begann eine Periode lebhafterer Thätigkeit, es floss zwar keine Lava aus, aber die Explosionen im Krater waren sehr heftig. Der Krater erweiterte sich merklich, sein Durchmesser betrug in NO-Richtung 164 *m*, in OW-Richtung 180 *m*, der Umfang 540 *m*. Starke Flammen loderten auf, Bomben und Schlacken wurden bis zu einer Höhe von 537 *m* über den Kratergrund geschleudert, darunter am 9. Mai ein Block von 12 *cbm* und einem Gewichte von nahezu 30 Tonnen. Er brauchte 17 Sekunden, um seine ganze Bahn zu durchfliegen, und die lebendige Kraft des Dampfes, die ihn ausgeschleudert, kann auf 45 599 635 *kgm* oder 607 995 Pferdestärken berechnet werden. Die während der Explosionsperiode (April bis Mai) vom Krater ausgeworfenen festen Massen betrugen eine halbe Million *cbm*. Durch diese Auswürfe hat sich die Höhe des Vesuvs um 10 *m* vermehrt.

---

[1]) Verhandlgn. der Ges. f. Erdk. Berlin 1901. 7. p. 364.
[2]) Compt. rend. 1900. 131. p. 963.

Matteucci verweilte vom 11.—13. Mai auf dem Vesuv. Am 13. morgens beobachtete er nur eine heftige Dampfemission, aber gegen Mittag begannen die Explosionen wieder und erreichten bald eine aussergewöhnliche Heftigkeit. Während er vom Kraterrande aus die Vorgänge verfolgte, wurde er von einer furchtbaren Explosion überrascht, Myriaden von glühenden Blöcken und Schlacken regneten um ihn nieder, und nur wie durch ein Wunder entkam er. Das interessanteste war, dass der ganze Krater zu glühen schien, und eine grosse Menge Bomben in der Luft zerplatzten.

Bei dieser Gelegenheit sah Verfasser Lapilli niederfallen, die mit Salmiak bedeckt waren, sowie Schlacken mit einer glänzenden Patina von metallischem Aussehen, die aus Eisennitrid bestand. Silvestri hat 1870 Versuche an Laven des Ätna ausgeführt, welche Aufschlüsse über die Bildung einiger Stickstoffverbindungen brachten. Er liess einen Strom Salzsäure über erhitzte, eisenhaltige Silikate streichen und erhielt Wasser, freies Silicium und Eisenchloride, und als er diese Chloride in einem Ammoniakstrome erhitzte, erhielt er neben Wasserstoff und Salmiak Salzsäure und Eisennitrid. Liess er dann beide Gase auf erhitzte Lava einwirken (Salzsäure und Ammoniak), so erhielt er reinen Wasserstoff, Chlorwasserstoffsäure und Eisennitrid unter Abscheidung von Salmiak.

Der Ätna ist gelegentlich der geodätischen Vermessungsarbeiten, welche den Anschluss der Insel Malta an Sicilien bezweckten, durch die Teilnehmer der Expedition im August 1900 bestiegen und die günstige Gelegenheit zu genauen Messungen des Kraters benutzt worden, die von Antonio Loperfido[1]) eingehend beschrieben sind. Die grösste Höhe des Ätna wurde zu 3279 *m* gefunden, die Tiefe des Kraters zu 252 *m* und die grösste Breite des Kraterrandes 527 *m*. Ferner ergab sich, dass der Kraterboden vom Zentrum des Observatoriums Bellini 1328,5 *m* entfernt ist, mit einem Richtungswinkel gleich 344° 34′ 15″, und dass die dem Kraterboden entsprechende Niveaufläche die Vertikale des Observatoriums in etwa 47 *m* über der Ebene des Pfostens der Drehkuppel schneidet.

Der Vulkan Etinde in Kamerun ist von Dr. E. Esch, auf dessen im Auftrage der Kolonialabteilung des Auswärtigen Amtes unternommenen Reise nach Kamerun, bestiegen und untersucht worden. In den Sitzungsberichten der Königl. preuss. Akademie macht dieser Forscher über seine Untersuchung der Gesteine des Vulkans eingehende Mitteilungen,[2]) aus denen hier nur folgendes hervorgehoben werden soll.

Der Etinde bildet in dem mehr als 150 *qkm* grossen Vulkangebiete des gewaltigen Kamerunberges, dessen Hauptkrater der Mango

[1]) Memoire della Societ à degli Spettroscopisti Italiani 1901. 30. p. 54—64.
[2]) Sitzb. der Kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften 1901. X. XI. XII. p. 277.

ma Loba bis zu 4000 *m* aufragt, einen zwar verhältnismässig kleinen, aber durchaus selbständigen Gebirgsstock.

Sein Gipfel liegt fast genau in der Linie, durch welche man den Mango ma Loba mit dem Pik von Fernando Póo und weiterhin mit den Eruptionszentren von Principe, São Thomé und Annobon sich verbunden denkt. Bei etwa 1000 *m* Meereshöhe ragt er aus dem breiten Sockel des grossen Kamerunberges, kaum 5 *km* von der Küste entfernt, wie ein Dorn hervor, und erhebt sich, frei von den umhüllenden Laven, Aschen und Tuffen, mit denen der Mango ma Loba und viele seiner kleinen Nebenkrater seinen Fuss verdeckt haben, bis zu fast 2000 *m* Meereshöhe empor. Nach der Küste zu fällt er äusserst steil, oft um mehrere hundert Meter absolut senkrecht, ab. Nach Norden und Osten hin senkt er sich erst allmählich, dann immer steiler, bis er, scharf absetzend, in den Tuffen des Hauptberges verschwindet. Im Gegensatze zu dem grossen Kamerunberge und den zahlreichen kleinen vulkanischen Kegeln an dessen Fuss, die in ihren charakteristischen Formen vorzüglich erhalten sind und nur geringe Spuren von Erosion erkennen lassen, zeigt der Etinde schroffe Hänge und Schluchten und schmale scharfe Kämme, die an manchen Stellen, wenn sie nicht mit Buschwerk bestanden wären, kaum passierbar sein würden. Aus diesem Grunde ist es auch vor Dr. Esch, trotzdem mehrfach der Versuch gemacht wurde, niemand geglückt, den Gipfel des Berges zu erreichen. Die kesselförmige Bildung des Kraters in Gedanken zu rekonstruieren, ist durch die überall üppig wuchernde Vegetation sehr erschwert. Welches Alter dem Vulkan zuzuschreiben ist, kann unmittelbar nicht bestimmt werden, da er in keinem Verbande mit aufgeschlossenen Sedimenten steht; jedenfalls repräsentiert er aber eine der ältesten Eruptionen in jenem Gebiete. Die Laven des grossen Kamerunberges durchbrechen und bedecken teilweise die Kalk- und Sandsteinschichten der obern Kreide, und seine jüngsten Tuffe führen Pflanzenreste, die der jetzt lebenden Flora entsprechen.

Ebenso wie in seiner äussern Erscheinungsform, steht der Etinde auch in petrographischer Beziehung völlig isoliert da. Während in dem weiten Gebiete des grossen Kamerunberges nur Basalte und Andesite auftreten, ist der Etinde aus Nephelin-, Leucit- und Hauyngesteinen, denen Feldspate durchaus fehlen, aufgebaut.

Der Erhaltungszustand der Gesteine ist durchweg ein sehr guter, Verwitterungserscheinungen an denselben zeigen sich, mit wenigen Ausnahmen, nur in sehr dünnen, braunen Krusten, welche die Blöcke oder das Anstehende überziehen.

Der Krater Epochä im nördlichen Teile des Manengubagebirges in Kamerun ist von Diehl bestiegen worden.[1]) Der Rand

[1]) Deutsches Kolonialblatt 1901. No. 15.

des unter 6° n. Br. liegenden Kraters soll 2110 *m* über den Meeresspiegel aufragen, und der Krater selbst einen Durchmesser von 3 *km* besitzen. Die Kraterumwallung erhebt sich im Südosten bis etwa 300 *m* über den Kraterboden und fällt gegen ihn im Süden fast senkrecht ab. Diehl, der den Kraterboden durchquerte und einige Kraterkegel bestieg, fand in zweien der letztern in einer Tiefe von 40 bis 50 *m* smaragdgrüne Seen von 120 zu 70 und 200 zu 10 *m* Durchmesser. Der Epochä bildet den nördlichen Teil des Manengubagebirges und ist von dem südlichen Teile, einem westöstlich laufenden Bergrücken, der im Osten im gewaltigen Wandabsturze endigt, nur durch ein breites, flaches Hochthal getrennt.

Der Ausbruch des Adatara in Japan am 7. Juli 1900. Der Berg hatte schon $1^1/_2$ Jahr lang Zeichen von Thätigkeit gegeben, der obengenannte Ausbruch erfolgte aber plötzlich, und es wurden etwa 70 Menschen getötet, die sich in seinem Krater mit der Ausbeutung von Schwefel befassten.[1]) Der Adatara, auch unter dem Namen Numajiriyama oder Dakeyama bekannt, ist einer jener Vulkane, welche in der Mittellinie des nördlichen Japans eine lange Bergkette bilden, die von dem nördlichen Ende bis zur Fuji-Zone von Zentraljapan reicht, welche diese Kette unter rechtem Winkel kreuzt. Er liegt in der Provinz Iwashiro nahezu 19 *km* östlich vom Bandai und 11 *km* südlich vom Azumayama. Sein Gipfel erreicht eine Höhe von 1420 *m* über dem Meeresspiegel, und der sanft eingebogene Umriss des Berges lässt sofort auf seine vulkanische Natur schliessen.

Unmittelbar nach dem Ausbruche wurde der Vulkan von den Geologen Inouye und Kanehara besucht, ersterer von der kaiserlich japanischen geologischen Reichsanstalt, letzterer von dem Untersuchungskomitee für Erdbeben abgesandt. Aus dem Berichte des letztern entlehnt Prof. Yokoyama das Nachstehende.

Der Krater des Adatara ist nahezu rund und ist von einem nach innen steil abfallenden Walle umgeben, der im Westen von einem Barranco tief eingeschnitten wird. Der Rand des Kraters hat viele Erhebungen, welche bestimmte Namen tragen. Der Boden des Kraters, unter der Benennung Numa-no-taira (Moorebene) bekannt, war vor dem Ausbruche ein flaches Stück Land von unregelmässig rundlichem Umrisse, ca. 500 *m* im Durchmesser, auf welchem sich viele Solfataren mit dicken Schwefelablagerungen befanden. Nach der Eruption war der mittlere Teil desselben eingesunken und bildete einen neuen Krater von annähernd ovaler Gestalt, dessen Längsaxe von NW nach SO verläuft, mit einer schmalen dreieckigen Erweiterung auf der Nordseite. Die Längsaxe

---

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau für Geographie 1901. 23. p. 306.

dieses Kraters misst etwa 800 *m*, die kleinere Axe 155 *m*, die Wand innerhalb desselben fällt fast senkrecht ab. Ihre Höhe wird auf 28 *m* geschätzt. In diesem neuen Krater zählte Inouye 19 Höhlungen, meist kreisrund, einige auch von elliptischer und von unregelmässiger Form. Die grösste befindet sich auf der Westseite: sie ist elliptisch (50 und 20 *m* im Durchmesser) und war zur Zeit von Inouyes Besuch die einzige, welche dicke Rauchwolken aussandte. Die kleinern (Durchmesser 9—4 *m*) waren entweder leer oder mit Wasser gefüllt, das in einzelnen thatsächlich kochte. Von den leeren Höhlen hauchten einige Dämpfe aus. Von der Schwefelraffinerie, welche früher auf dem Grunde des Kraters stand, wurde keine Spur mehr vorgefunden.

Über Ausbrüche des Adatara finden sich wenig Nachrichten, doch wird in alten Urkunden erwähnt, dass er 807 v. Chr. Schlamm und Sand ausgeworfen, und dass ein ähnlicher Ausbruch sich bereits 370 Jahre früher ereignet habe. Seitdem scheint der Berg geruht zu haben, bis er vor einigen Jahren seine Thätigkeit wieder aufnahm. Anfang 1899 wuchs die Zahl der Solfataren (bis dahin 7) und mit derselben auch die Menge des ausgesandten Rauches, auch Asche und Steine wurden ausgeworfen, so dass die Schwefelgewinnung, die seit Jahren im Krater betrieben wurde, oft unterbrochen werden musste.

Es war Inouye schwer, festzustellen, ob der letzten Eruption Vorboten vorausgegangen waren. Der einzige Augenzeuge des Ausbruches, der davongekommen und daher Auskunft hätte geben können, ein Knabe von 12 Jahren, versicherte, dass dem Hauptausbruche um 6 Uhr abends ein schwächerer um 4 Uhr abends vorausging. Die Einwohner von Numajiri sollen in der vorangehenden Nacht Erdbeben verspürt haben, und auch am Tage der Eruption selber wurde zu Fukushima, einer Stadt, welche 20 *km* ostnördlich vom Krater liegt, ein schwaches Beben verspürt. Dass der zweite Ausbruch, welcher das Unglück bewirkte, sich um 6 Uhr abends ereignete, ist glaubwürdig, denn um diese Stunde hörte die Bevölkerung von Numajiri lautes Donnern, und zur selben Zeit sah sie von dem Gipfel des Berges eine schwarze Rauchwolke aufsteigen.

Die Erscheinungen des Ausbruches bestanden vornehmlich in Auswurf von Dampf, Asche und einigen Steinen. Es bildete sich ein schmaler Schlammstrom, welcher durch die Barranco floss, aber bald zum Stehen kam. Der grösste Teil der während der Eruption ausgeworfenen Asche fiel in unmittelbarer Nachbarschaft des Kraters nieder. Die Dicke der Aschenschicht betrug im Krater nach den Messungen von Inouye 2—7 *m*, während sie in 1 *km* Entfernung nur mehr 3—6 *dcm* betrug; doch wurde sehr feine, staubartige Asche durch Westwind bis 20 *km* oder selbst darüber vom Krater getragen und färbte daselbst die Blätter der Bäume grau.

Die südlichsten Vulkane Mittelamerikas, nämlich diejenigen des zentralen Hochlandes von Costarica und der kolumbianischen Provinz Chiriqui, welche bis jetzt nur höchst mangelhaft bekannt sind, hat Carl Sapper im Frühjahre 1899 besucht und macht darüber jetzt interessante Mitteilungen.[1])

A. Die Vulkane des Hochlandes von Costarica. Von den Vulkanen des zentralen Teiles haben drei (Poás, Irazú und Turrialba) noch in historischer Zeit sich thätig gezeigt. Sie liegen in ostsüdöstlicher Richtung neben einander. getrennt durch die tiefen Einsenkungen von Desengaño (1800 *m*) und La Palma (1500 *m*), während der Turrialba das Ende einer im Vulkane Irazú stumpfwinklig von der Hauptspalte sich abzweigenden Seitenspalte bezeichnet. „Alle diese Vulkane fallen gegen Norden jäh nach dem Tieflande zu ab, während sie gegen das südlich gelegene Hochland in schwacher Neigung stufenförmig sich abdachen. Man begreift dieses Verhalten, wenn man sich das starke Überwiegen der östlichen und nördlichen Winde vor Augen hält, wie es in ganz Mittelamerika zu beobachten ist. Man kann sich leicht vorstellen, dass der weitaus grösste Teil des zu Tage geförderten Auswurfsmateriales sich auf der westlichen und südlichen Abdachung der Vulkane abgelagert hat, und dass aus diesem Grunde auf dieser Seite auch die Hänge flacher geneigt sind, als auf der entgegengesetzten Seite.

Die Vulkane des Hochlandes von Costarica stossen im Südwesten an ein ansehnliches Gebirgsland, und die lockern Auswürflinge, in Verbindung zuweilen mit beträchtlichen Lavaströmen, vermochten leicht die verhältnismässig unbedeutende Einsenkung zwischen den Vulkanen und dem südlichen und westlichen Gebirge auszufüllen. Neue Ausbrüche erhöhten allmählich das ursprüngliche Niveau der auf diese eben erwähnte Weise entstandenen Hochebene, und je höher das Niveau derselben stieg, desto flacher mussten naturgemäss auch die der Ebene zugewendeten Vulkanhänge werden, deren sanfte Böschung da und dort durch darüber hinfliessende Lavaströme noch für die Zukunft gesichert wurde. In Perioden längerer vulkanischer Ruhe erniedrigte dann die Erosion mehr und mehr das Niveau der aufgesetzten Hochebene, und die nach der Tiefe wie Breite wirkende fortschaffende Thätigkeit der zahlreichen, in den regenfeuchten Wäldern der Vulkane und der benachbarten Gebirge entspringenden Wasseradern zerstörten allmählich mehr und mehr die Ebene, die sich dann in Zeiten neuer, langandauernder vulkanischer Thätigkeit wieder frisch bildete, aber nicht mehr das Niveau der ursprünglichen Ebene erreichte u. s. w. Es hätte demnach hier derselbe Vorgang im Grossen stattgehabt, wie er im Kleinen zu der Bildung von Flussterrassen führt, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Auffüllung der neuen Ebene nicht durch die Geschiebe und Sinkstoffe von Flüssen, sondern durch die vom Winde herbeigetragenen vulkanischen Auswürflinge bewirkt wurde. Es mag dabei gelegentlich zu Stauungen des Wassers und damit zu vorübergehender Seenbildung gekommen sein, aber jedenfalls war dieser Vorgang ein ganz nebensächlicher und hat mit der Terrassenbildung der costaricanischen Vulkane nichts zu schaffen.

Wer die in historischer Zeit von mittelamerikanischen Vulkanen ausgeworfenen Aschen- und Lapillimassen sich vergegenwärtigt, wird sich allerdings nicht vorstellen können, dass dieselben zur Bildung so ausgedehnter Hochebenen hinreichen sollten, wie man sie angesichts der vorhandenen Terrassen für das Hochland von Costarica annehmen muss. Es kann aber kein Zweifel darüber sein, dass in frühern Zeitperioden die

---

[1]) Zeitschr. der deutschen geolog. Gesellschaft 1901. 53 1. Heft. p. 24 ff.

Thätigkeit der mittelamerikanischen Vulkane eine viel intensivere und ausgiebigere gewesen ist, als heutzutage, weshalb auch die lockern vulkanischen Auswürflinge damals eine viel grössere Rolle in der Bodenplastik Mittelamerikas spielten, als heutzutage. Welche Bedeutung die Ablagerungen der lockern Auswürflinge erreichen können, sieht man vielleicht nirgends in Mittelamerika so deutlich, als bei San Rafael del Sur (Nicaragua), wo über den horizontal geschichteten, jungtertiären Schichten des genannten Platzes sich eine Kappe von lose zusammengebackenen Lapilli und vulkanischen Sanden in einer Mächtigkeit von 4—500 *m* abgelagert hat."

Poás (2644 *m* hoch) hat drei Krater auf der Gipfelkuppe, von denen aber der südlichste, wie Sapper fand, im Innern mit Wasser gefüllt ist. Der mittlere Krater ist der jüngste und noch immer thätig. Seine Wände bestehen abwechselnd aus Lagen lockerer Auswürflinge, die zahlreiche grössere und kleinere Bomben und Lavabrocken einschliessen, und aus total zersetzten, einst festen Gesteinsbänken.[1]) Auf der Ostseite des Kraters bemerkt man den sichelförmigen Rest eines ehemaligen Kraterbodens in etwa $^{3}/_{4}$ Höhe der Wand; dieser Absatz ist bereits von zahllosen, mehr oder weniger tiefen Runsen durchzogen, die allmählich zu seiner völligen Zerstörung führen müssen. Die Erosion erreicht überhaupt in dem lockern Materiale der Kraterwände rasch bedeutende Wirkungen, und allenthalben sieht man die ganz vegetationslosen, grauen Wände von tiefen Schluchten und Rinnsalen durchzogen, auf denen das Regenwasser in jähem Falle dem Grunde des Kraters zustürzt. Hier haben sich die Regenwasser zu einem kleinen See gesammelt, der einen Durchmesser von etwa 150 *m* haben mag, und der da und dort in den untersten Teil der Schluchten oder Rinnsale eindringt und so ein sehr vielfach zerrissenes Ufer erzeugt und die ursprüngliche Kreisform modifiziert; an andern Stellen bemerkt man aber bereits Ansätze von winzigen Uferebenen, die infolge von ausgeschiedenem Schwefel ein grünliches Aussehen besitzen. Auf dem Grunde des Kraters befinden sich offenbar zahlreiche kleine Fumarolen; da dieselben aber vom Wasser bedeckt sind, so ist ihre Lage nicht genau zu erkennen. Sie müssen reich an H_2S und SO_2 sein und haben durch ausgeschiedenen Schwefel das Wasser des Sees milchigweiss gefärbt. Ein leichter Dampf steigt allenthalben von dem weissen Spiegel des Sees auf, der gewöhnlich in einer leichten, fast wirbelförmigen Bewegung sich befindet. Es ist ein prachtvoller Anblick, den wunderbaren See mit seinen weissen Dampfwolken auf dem Grunde des absolut vegetationslosen Kessels zu erblicken. In unregelmässigen Zwischenräumen brodelt es dann plötzlich an einer etwas exzentrisch (nördlich) gelegenen Stelle, und es steigen unter mächtigem Gebrause schwärzliche Schlammmassen auf und sprudeln etwa 1 Minute lang bis zu 5—7 *m* Höhe empor, während kreisförmige Wellen den Ufern zueilen und sie mit Schlamm überspritzen; eine riesige weisse Dampfsäule steigt empor, dann ist wieder alles ruhig bis auf die ruhelose, geringfügige Dampfentwickelung des normalen Zustandes. Infolge der geisirähnlichen Eruptionen sind die Gewässer des Kratersees mit suspendiertem Schlamme erfüllt, so dass sie aus der Nähe ein schmutziges Aussehen zeigen, während sie aus der Ferne, wie schon erwähnt, milchigweiss erscheinen.

Barba (2835 *m*) hat drei Gipfel, von denen der mittlere einen wohlerhaltenen Krater trägt, dessen Grund von einem kleinen See ausgefüllt wird.

Irazú (3414 *m*), berühmt durch die Aussicht von seinem Gipfel, welche den Anblick zweier Weltmeere gestattet, wird deshalb oft bestiegen, aber die vulkanischen Phänomene des Berges sind nur mangelhaft beobachtet. Sein Gipfel „ist der Kulminationspunkt eines geschwungenen Berggrates, welcher sich deutlich als Überrest einer alten Kraterumwallung bekundet;

---

[1]) Pittier schätzt seinen Durchmesser auf nur 80 *m*.

nach WSW. hin zieht sich vom Gipfel aus ein aus lockern Lapilli bestehender Bergrücken hin, der sich ziemlich steil nach Norden hin, ziemlich sanft nach Süden hin abdacht. Da und dort haben Wasserrisse sich ihren Weg durch die Lapilliflächen gebahnt, und an vielen Stellen bemerkt man kleine, flach trichterförmige Einsenkungen im Lapilliboden, welche wohl nur durch ungleichförmige Nachsackung des Untergrundes entstanden sind. Von dem grossen, ehemaligen Gipfelkrater des Irazú ist nur ein zwickelförmiger Überrest des alten Kraterbodens erhalten; derselbe ist von Lapilli bedeckt und besitzt etwa 3320 *m* mittlerer Höhe, liegt also etwa 110 *m* unter dem höchsten Gipfel. Der noch erhaltene Teil der Kraterumwallung senkt sich östlich vom Gipfel auf etwa 3350 *m* und steigt dann wieder bis 3370 *m* an.

Da von der Umwallung des Urkraters nur etwas mehr als ein Quadrant erhalten ist, so kann man seine Grösse nicht genau feststellen; als Durchmesser mag man etwa 1200 *m* annehmen. Seine Form mag oval gewesen sein, seine Längsaxe ostwestliche Richtung besessen haben.

Später senkte sich auf der nordöstlichen Seite ein tiefer, ovaler Krater ein, dessen Längsaxe in nordnordöstlicher Richtung verläuft und etwa 500 *m* messen mag, während die Queraxe etwa 400 *m* lang sein mag. Die Umwallung dieses Kraters, die grossenteils aus kompaktem Fels besteht und deshalb stellenweise sehr steil ist, ist zum grössten Teile vortrefflich erhalten und durch eine ganz flache, nach Südwesten hin sich vertiefende Einsenkung von der Umwallung des Urkraters getrennt. Der westliche Teil der Umwallung wurde zerstört durch die Entstehung des dritten Hauptkraters, der eine westnordwestlich gerichtete Längsaxe von etwa 800 *m* Länge besitzt, während die Queraxe etwas über 700 *m* beträgt. Der höchste Gipfel der Umwallung befindet sich nordwestlich vom Mittelpunkte. Die tiefste Einsenkung der Umwallung (3180 *m*) befindet sich auf der Nordseite; im Nordosten lehnt sich die Umwallung an diejenige des Ostkraters an und bricht in steiler Felswand ab. Auf der Ostseite sind die Auswürflinge des Kraters über den Rand des Ostkraters vorgedrungen und haben einen Grenzwall erzeugt, der an seiner tiefsten Einsenkung 3235 *m* Höhe erreicht; im Süden begrenzt die horizontale Fläche des ältesten Kraterbodens (3315 *m*) die Umwallung, die zunächst in Steilwänden abbricht, an denen einige härtere horizontale Gesteinslagen leistenförmig vorspringen, dann aber in allmählich sich abflachenden Schutthalden nach dem Innern des Kraters sich abdacht. Der Boden des dritten Hauptkraters mag etwa 3140 *m* über dem Meere liegen; er ist aber nur an einer Stelle im Norden erhalten und an einer zweiten Terrasse im Süden noch angedeutet. Sonst aber war das Innere des dritten Hauptkraters der Schauplatz so zahlreicher kleinerer Eruptionen, dass durch Bildung von Tochterkratern die ursprüngliche Kaldera fast ganz überdeckt worden ist".

Turialba (3325 *m*) ist schon durch K. v. Seebach eingehend beschrieben worden und gegenwärtig ohne Schwierigkeit zu besteigen.

B. Der Vulkan Chiriquí (3650 *m*) wurde 1858 von Moritz Wagner eingehend untersucht, auch glaubte derselbe, dass der Gipfelkrater noch jetzt schweflige Dämpfe aushauche. Sapper fand dies nicht bestätigt und ebensowenig das Vorhandensein „zweier abgestutzter, wahrscheinlich später gehobener Kegel südlich und südwestlich vom mittlern Hauptkegel" oder diejenige von einer nordnordöstlich gerichteten Erhebungsaxe. Vielmehr erschien ihm der Vulkan als ein breites Bergmassiv, dessen zahlreiche Kämme, Kuppen und sonstigen Erhebungen wohl als Zeugen einer sehr langandauernden, phasenreichen Eruptionsthätigkeit des Berges angesehen werden dürfen, obgleich es nicht möglich ist, die Rolle näher zu definieren, die jede einzelne Erhebung in der Geschichte des Berges gespielt hat.

Das breite Massiv der Gipfelregion des Chiriquívulkanes senkt sich nach allen Seiten steil nach dem tief gelegenen Gelände der Umgebung ab. Zahlreiche Thäler und tiefe Wasserrisse haben sich allenthalben am Gehänge des Vulkanes gebildet, und scharfe, oben sehr steile, nach unten zu sich sanfter hinabsenkende Berggrate haben sich zwischen den einzelnen Thälern gebildet. Da an allen diesen Graten unpassierbare Felswände auftreten sollen, so eignen sie sich nicht als Besteigungsroute, und deshalb sind auch wohl die Besteigungsversuche Wagners und zahlreicher anderer, aus Einheimischen zusammengesetzter Partien missglückt. Vor einigen Jahren versuchte dann ein deutscher Botaniker, mit zahlreichen Führern über die Lapilli- und Aschenfelder im Südwesten emporzusteigen, musste aber wegen der lockern Beschaffenheit der Asche wieder umkehren. Angesichts dieser Schwierigkeiten versuchte Sapper die Besteigung von Südosten her über die Lomas del Volcan und konnte sie mit zweimaligem Biwak in 2840 *m* ohne besondere Schwierigkeit durchführen. Wohl machten die zahlreichen Bambusendickichte, welche das Unterholz des Hochwaldes bilden, die Wanderung etwas mühsam. eine eigentliche Schwierigkeit bot aber nur der Abstieg vom äussersten Ringwalle zur Lapilliebene dar, und da beide Chiricaner Führer sich hier weigerten, weiterzugehen, so hätte Sapper unverrichteter Sache umkehren müssen, wenn er nicht durch seinen aus Guatemala mitgebrachten Indianer den Rest der Besteigung hätte erzwingen können. Indem er am Heimwege etwas weiter südlich den Anstieg zum äussersten Ringwalle versuchte, kam er ohne besondere Schwierigkeit hinauf, weshalb er seine Anstieg-route (vom Hato de los Lambères am Boquete aus) etwaigen spätern Besteigern empfehlen kann. Eine gründliche Erforschung dieses isolierten Vulkanes wäre sehr zu wünschen, da Sapper bei seiner beschränkten Zeit und der ungünstigen Witterung nur das Allernotwendigste flüchtig beobachten konnte. Auch die Umgebung des Vulkanes könnte noch manche Überraschung bieten.

Gasentwickelung in feurigen Gesteinen. Der französische Forscher Armand Gautier hat höchst interessante Untersuchungen angestellt über die Gase, die durch die Wärme aus feurigen Gesteinen entwickelt werden. Er fand, dass ein Gasgemisch ähnlich den vulkanischen Gasen aus tiefen, feurigen Gesteinen, besonders aus Graniten, zu entweichen strebt, sobald diese bei Anwesenheit von Wasser auf 300° und darüber erhitzt werden. Das Wasser braucht keineswegs der Oberfläche zu entstammen, sondern die feurigen Gesteine enthalten genügende Mengen desselben. Ausserdem wies Gautier nach, dass die gefundenen Gase sich erst während des Erhitzens bilden. Damit wird ein helleres Licht auf den Ursprung der unterirdischen Gase, die bei vulkanischen Erscheinungen und in den warmen Quellen auftreten, geworfen. Eine bereits erstarrte Schicht muss, wenn sie durch Einsturz, Seitendruck oder Berührung mit der innern geschmolzenen Masse der Erde von neuem erhitzt wird, durch alle Spalten Gase und Dämpfe ausstossen, die neu entstanden sind. Ein Kubikmeter Granit wird bei Erhitzung auf 1000° das 20fache Volum an verschiedenen Gasen und das 89fache Volum an Wasserdampf ausströmen. Damit ist die Quelle einer ungeheuren explosiven Kraft nachgewiesen, die zur Erklärung vieler vulkanischen Erscheinungen völlig ausreicht, ohne dass man genötigt

wäre, das Eindringen atmosphärischer Wasser in die tiefen, feurigflüssigen Schichten der Erdrinde anzunehmen.

Der Sitz der heutigen vulkanischen Kräfte. Dr. Alfons Stübel hat die Ergebnisse seiner Studien über dieses wichtigste vulkanische Problem kurz zusammengefasst.[1]) Als Ursache aller vulkanischen Thätigkeit sieht Stübel mit Recht den Erkaltungsprozess an, welchen die glutflüssige Materie des Erdkörpers durchlaufen hat und noch durchläuft, um endlich in einen starren Zustand überzugehen. Mit der Erstarrung der Materie erlischt die vulkanische Kraft; die glutflüssige Masse ist demnach selbst die Trägerin der vulkanischen Kraft. Als notwendige Folge des Erkaltungsvorganges giebt sich die zeitweilige Ausstossung glutflüssigen Magmas aus dem Innern der Erde nach ihrer Oberfläche zu erkennen. Diese Ausstossung ist eine unbestreitbare Thatsache, sie wird durch die direkte Beobachtung bewiesen; alle vulkanischen Schöpfungen und speziell die grosse Zahl der Vulkanberge ohne Thätigkeit gegenüber der nur sehr kleinen der thätigen, liefern den Beweis dafür, ebenso wie das Verhalten aller noch bestehenden Eruptionszentren.

Die zeitweise Ausstossung einer gewissen Menge des glühendflüssigen Magmas wird nach Stübel wahrscheinlich durch eine in einem gewissen Stadium der Erkaltung eintretenden Volumvergrösserung, sowie durch den Gasgehalt der glutflüssigen Materie verursacht.

Als der glühendflüssige Erdball sich zuerst mit einer dünnen Hülle zu umkleiden begann, mussten an unzähligen Punkten Durchbrechungen und Einschmelzungen derselben stattfinden, zur Bildung von vulkanähnlichen Massen konnte es nicht kommen. Erst mit dem allmählichen Hinabrücken der feurigflüssigen Massen nach dem Zentrum der Erde konnten eigentliche vulkanische Erscheinungen an der Oberfläche eintreten, und diese mussten im Laufe langer Zeitperioden zuletzt einen Höhepunkt erreichen, dann aber wieder abnehmen, weil der Widerstand der Erstarrungskruste die eruptive Kraft überwog. Dieser Höhepunkt ist bei der Erde ohne allen Zweifel überschritten. Die gesamten Eruptionsprodukte der grossen Ausbruchsperiode, die mit der Bildung der Erstarrungskruste der Erde ihren Anfang nahmen, müssen sich über der letztern ausgebreitet und aufgeschichtet haben. Sie bildeten ein System übereinander gelagerter Gesteinsbänke, welchem Stübel den Namen Panzerdecke beilegt. Bis zu welcher Tiefe die Erstarrung im Erdinnern vorgedrungen sein muss, dafür giebt die Mächtigkeit der metamorphischen und sedimentären Gesteinsablagerungen eine Vorstellung, weil diese doch nur aus dem Materiale aufgeschichtet werden konnten, das den Erstarrungsprodukten der Erdoberfläche, mithin der Panzerdecke, entlehnt worden ist.

---

[1]) Mitteilungen aus dem Museum f. Völkerkunde zu Leipzig. Abteilung für Länderkunde. Leipzig 1901.

»Würden wir aber,« sagt Stübel, »die Mächtigkeit dieser jüngern Ablagerungen, zu denen höchst wahrscheinlich manche Gesteinsarten zählen, die bis jetzt noch vielfach als Eruptivgesteine betrachtet werden, ohne es zu sein, auch nur auf 15—20 *km* veranschlagen, so stellt dieses Schichtensystem in seiner ganzen vertikalen Ausdehnung doch erst einen Bruchteil von der von uns vorausgesetzten Mächtigkeit der Panzerdecke dar.

Wenn aber ein Schichtensystem von 15—20 *km* Mächtigkeit gewissermassen nur die Rolle einer Verwitterungsrinde des eruptiven Untergrundes spielt, so können wir uns leicht vergegenwärtigen, welche unermesslichen Zeiträume vergangen sein müssen, um die lange Reihe der mechanischen und chemischen Aufbereitungsprozesse ablaufen zu lassen, deren vielleicht ein jeder einzelne die Dauer von Jahrmillionen für sich in Anspruch nahm, und durch welche Prozesse das vulkanische Material erst bis in das der Sedimentformationen übergeführt wurde; welche Zeiträume müssen aber bereits verstrichen gewesen sein, bevor überhaupt äussere Einflüsse diese Umwandlungsvorgänge einleiten konnten!

Aus diesen Zeiträumen lässt sich also wiederum mit grosser Sicherheit auf die ungeheure Tiefe schliessen, bis zu welcher die Erstarrung des Erdkörpers notwendig vorgeschritten sein muss.

Nur eine Unterschätzung der Zeitwerte, die dieser Massstab dem rechnenden Geologen an die Hand giebt, in Verbindung mit einer gleichzeitigen Überschätzung der vulkanischen Erscheinungen der Gegenwart in ihrer Bedeutung zur ursprünglichen Feuerflüssigkeit des Erdkörpers, vermag zu der gewiss nicht stichhaltigen Annahme zu verleiten, dass die Dicke der Erstarrungskruste der Erde eine relativ kleine Zahl von Kilometern, etwa 100 oder gar nur 50, betragen könne, welche Ansicht befremdenderweise selbst von einzelnen Geologen vertreten worden ist.«

Das Vorhandensein dieser Panzerdecke ist aber auch nach einer andern Seite hin von Wichtigkeit; »es nimmt uns,« wie Stübel sich ausdrückt, »die Berechtigung, in den krystallinischen Tiefengesteinen die Erstarrungsprodukte der planetaren Erstarrungskruste zu erblicken, und schliesst ferner die Möglichkeit aus, dass die Schrumpfung der planetaren Erstarrungskruste ihre dynamischen Wirkungen bis in die sedimentären Gesteinsschichten übertragen und die Aufrichtung ganzer Schichtensysteme zu Gebirgszügen bewirkt habe. Wenn eine Schrumpfung mit solcher Wirkung überhaupt in Betracht kommen sollte, so müsste es die sein, welche sich in der Panzerdecke selbst vollzogen hat. Dabei ist aber zu beachten, dass die Panzerdecke eine homogene Gesteinsmasse nicht darstellt, sondern sich aus Gliedern sehr verschiedener Eruptionsepochen zusammensetzt, welche eine Einheitlichkeit des Schrumpfungsprozesses ausschliessen.«

Dass eine solche Panzerdecke wirklich vorhanden ist, wird schon allein durch die Thatsache erwiesen, dass die vulkanischen Kräfte zeitweise das glühendflüssige Magma emporführen. Innerhalb der Ablagerung so ungeheurer Massen glutflüssigen Gesteines, die ehedem ausgestossen worden sind, und die ihren in der Tiefe begonnenen Erstarrungs- und Erkaltungsprozess noch fortsetzen, nachdem sie auf die Oberfläche der Erde gelangt waren, mussten, wie Stübel betont, notwendig ganz ebensolche Reaktionen eintreten, wie die waren, durch welche auch sie aus der Tiefe des Erdinnern emporgehoben wurden. »So sehen wir nun über der planetaren Erstarrungskruste Herde entstehen, die die Thätigkeit des Zentralherdes genau nachahmen, sich aber von diesem dadurch unterscheiden, dass sie räumlich eng begrenzt sind und daher in einer relativ kurzen Frist der Erschöpfung entgegengehen können. Dass einige dieser Herde bis auf die Gegenwart mit dem tiefern Erdinnern in Verbindung geblieben sind und dadurch in ihrer Thätigkeit bis zu einem gewissen Grade beeinflusst werden können, ist nicht ganz ausgeschlossen. Die Gesteinsmassen, welche die Panzerdecke zusammensetzen und sich in allen Stadien der Erstarrung befinden, müssen notwendig eine unermessliche Zahl solcher Herde bergen, verschieden in Grösse und Lage, durch alle Höhenlagen der Panzerdecke verteilt, hier dicht, dort weniger dicht benachbart.«

Stübel bezeichnet diese lokalisierten Ansammlungen glutflüssiger Gesteinsmassen als peripherische Herde.

Alle vulkanischen Schöpfungen, die heute unserer Untersuchung zugänglich sind, dürfen wahrscheinlich ohne Ausnahme der Thätigkeit dieser peripherischen Herde zugeschrieben werden. Eine besondere Eigentümlichkeit der letztern ist, dass ihre Eruptionsprodukte zu Bergen aufgehäuft werden, auch ist das erste Erwachen eines peripherischen Herdes anscheinend stets mit einem Maximum von Kraftäusserungen verbunden, so dass der Berg, der aufgetürmt wird, bei dieser ersten Thätigkeit in seinem Baue fast vollendet ist. Das ist der Ursprung der von Stübel so genannten monogenen Vulkanberge. Die Mehrzahl der peripherischen Herde hat sich durch einen einzigen Ausbruch auf immer erschöpft, eine grosse Zahl anderer Herde lässt aber eine mehrmalige Thätigkeit erkennen. Stübel unterscheidet in dieser Klasse folgende Fälle:

1. Herde, die eine zwei-, drei- oder selbst viermalige Thätigkeit gehabt haben, bevor sie auf immer erloschen sind. Jedes Erwachen des Herdes ist in diesen Fällen von dem folgenden durch eine überaus lange Pause gänzlicher Ruhe unterbrochen gewesen, und jede Thätigkeitsperiode hat sich durch eine Neubildung charakterisiert. Wir sehen dann eine Neben- oder Übereinanderstellung vulkanischer Baue, eine ganze Gruppe von Bergen, vor uns, von denen keiner, den Ausbruch seiner eigenen Entstehung abgerechnet, nochmals in Thätigkeit getreten ist.

2. Herde, die zwar nur eine zweimalige Thätigkeit in dem Sinne der Neubildung gehabt haben, ihre Thätigkeit damit aber noch nicht einzustellen brauchten, weil es dem zweiten Ausbruche, der gleichfalls erst nach einer Pause von ungeheuer langer Dauer eintrat, vorbehalten war, einen leicht gangbaren Kommunikationsschacht herzustellen und dadurch den vulkanischen Kräften die Freiheit zu sichern, von nun an in kleinen Pausen und auf Jahrtausende hin für ihr Fortwirken in der Tiefe bis zur Oberfläche Zeugnis abzulegen.

Also lediglich auf dem Umstande, dass durch den zweiten Ausbruch ein Kommunikationsschacht hergestellt wird, der es zulässt, dass sich durch ihn selbst schon sehr geringfügige Vorgänge im Herde nach der Oberfläche signalisieren, beruht die Entstehung einer Thätigkeit, welche die polygenen Vulkanberge aufbaut.

Dieser leicht gangbare Kommunikationsschacht könnte zwar ebenso gut schon bei der erstmaligen oder auch bei einer spätern, bei der dritten oder vierten Reaktion eines peripherischen Herdes hergestellt werden; dass dies aber gerade bei der zweiten geschieht, scheint die durchgreifende Eigentümlichkeit einer besondern Klasse peripherischer Herde zu sein, und in diese Klasse dürften fast ausnahmslos diejenigen gehören, die die ganze Reihe der sogenannten thätigen Vulkane, wie Vesuv, Ätna, Stromboli, Sangai, Cotopaxi, Tunguragua, Vulkan von Pasto u. s. w. hervorgebracht haben und bis auf den heutigen Tag zu speisen fortfahren.

In dem vulkanischen Doppelberge charakterisiert sich nach Stübel der peripherische Herd am schärfsten, und schliesslich betont dieser Forscher, die Frage nach dem Sitze der vulkanischen Thätigkeit in der Gegenwart, die den Ausgangspunkt zu dieser Betrachtung bildete, könne eine klarere Beantwortung nicht wohl finden, als ihr durch die eigenartigste und verbreitetste Ausgestaltung der vulkanischen Baue, durch die Doppelberge des Somma-Vesuv-Typus zu teil wird: »der Sitz der vulkanischen Kräfte in der Gegenwart kann allem Anscheine nach nur in einer relativ geringen Tiefe vermutet werden, die aber in dem einen Falle eine beträchtlichere, in dem andern eine weniger beträchtliche sein wird.“

Über Vulkane und deren Eruptionen stellt Dlabač Erörterungen an[1]) im Anschlusse an seine Ausführungen über die Ursachen des seismischen Kraft, deren oben gedacht wurde. Seine Anschauungen stimmen zwar mit denjenigen Stübels nicht überein, doch müssen sie schon der Vollständigkeit halber hier Erwähnung finden. Er sagt u. a.: »Vulkane sind lokale Erscheinungen und müssen auch lokalen Ursachen ihren Ursprung verdanken. Der Ursprung der Vulkane muss in bedeutenden Spalten der Erdrinde in der Nähe der Vulkane, durch welche bedeutende Wasserquantitäten in die Magmaschicht eindringen können,

[1]) Studien über Probleme der Erdgeschichte. Jungbunzlau 1901.

liegen; es sind insbesondere Küsten der Ozeane, längs welcher dieselben situiert sind. Das Wasser in der Tiefe kann, wie wir kennen gelernt haben, überhitzen und explodieren; tritt eine solche Wasserexplosion ein, so wird die Magmamasse verschoben und gelangt wahrscheinlich längs einer Aufwölbung auf einem öfter befahrenen Wege unter den Vulkan. Die Verbindung des Vulkanes mit seinem Herde ist zeitlich auf die Dauer der Eruption beschränkt; in der Zwischenzeit der Ruhe besteht keinerlei Verbindung. Durch die verschobene Magmamasse wird die Erdrinde mit dem Vulkanberge lokal emporgehoben, und es entsteht plötzlich eine lokale Aufblähung der breitern Basis des Vulkanberges mit Bildung von Berstungen. Beim Vesuvausbruche am 9. Dezember 1861 war z. B. die aufgewölbte Basis, nach der Länge der Spalte zu schliessen, vom Kraterkegel vom Jahre 1861 über Torre del Greco hinaus ca. 5 *km* lang, am Meeresstrande bei Torre del Greco über 6 *km* breit und am Meeresstrande in Torre del Greco 1.2 *m* hoch. Anderseits muss die Erdrinde über dem Vulkanherde unmittelbar nach der Verschiebung der Magmamasse plötzlich lokal einsinken. Der Herd des Vulkanes ist vom Vulkane getrennt. Die Verbindung erfolgt temporär mittels Verschiebung der Magmamasse vom Herde zum Vulkane und hört nach der Verschiebung gleich wieder auf. Die Lage des Vulkanherdes, das ist jene Stelle, wo das erhitzte Wasser aus den Spalten der Erdrinde in das Magma in bedeutender Menge eindringt, von wo aus die Verschiebung stattfindet, und wo nachher das Senkungsgebiet entsteht, ist in den einzelnen Fällen unbekannt, in den meisten Fällen liegt derselbe vom Vulkane entfernt am Meeresgrunde, und es ist die Aufgabe der Forschung, in den einzelnen Fällen die Lage des Vulkanherdes auszuforschen, was umso leichter sein wird, als nur ein Landstreifen am Fusse des Vulkanberges heftig erschüttert wird, welcher auch den Weg anzeigt, den die verschobenen Massen in der Tiefe genommen haben. Die Richtung dieses Erdbebens muss natürlich zu dem neuen Vulkankrater zielen. Die Lage des Vulkanherdes im Verhältnisse zur Lage des Vulkanes kann verschieden sein; in den meisten Fällen wird zwar der Herd unter dem Vulkane sich nicht befinden, da der Vulkan nach einer jeden Eruption gleich um so viel einsinken müsste, als der kubische Inhalt der Auswurfsprodukte ausmacht. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass in den einzelnen seltenen Fällen der Herd entweder dauernd oder vorübergehend unmittelbar unter dem Vulkane sich befindet.

Solche vorübergehende Verlegung des Vulkanherdes unter den Vulkan selbst hat eine Einsenkung des Kegels mit Bildung der Somma und der Caldera nach einer solchen Eruption zur Folge. So wurde am 10. Januar 1731 auf den Kanarischen Inseln ein hoher Berg aufgeworfen, der noch an demselben Tage mit unglaublichem Gepolter in seinen eigenen Krater zusammenstürzte. — Im Jahre 1772 hatte Papandayang, früher einer der höchsten Vulkane

der Insel Java, einen Ausbruch; ehe sich noch die Bewohner seiner Abhänge retten konnten, sank der Boden ein, ein grosser Teil des Vulkanes stürzte ein und verschwand; die Höhe des Kegels war von 9000 auf ungefähr 5000 Fuss vermindert. — Eine vorübergehende Verlegung des Herdes musste einst auch beim Vesuv eintreten, wobei der Gipfel eingesunken, und eine Somma mit der Caldera Atrio del Cavallo entstanden ist. Solche Kraterkegeleinsenkungen sind gewöhnlich von ungeheuerem Gepolter und den gewaltigsten vulkanischen Erscheinungen begleitet, wie insbesondere in der neuern Zeit auch bei Versenkung eines Teiles der Insel und des halben Vulkanberges Krakatau, im Jahre 1883, beobachtet wurde.

Dieser Vorgang lässt sich nur durch eine vorübergehende Verlegung des Vulkanherdes unmittelbar unter den Vulkan erklären. Bei der stürmischen Eruption werden gewaltige Mengen (beim Ausbruche des Krakatau angeblich 18 *ckm* an einem Tage) von Asche u. s. w, ausgeworfen; hierdurch entsteht unmittelbar unter dem Vulkane ein bedeutender Hohlraum, und nachdem der Herd sich entleert hat, muss die Erdrinde auf dieser Stelle einstürzen. So entsteht eine kesselartige Einsenkung, welche nach dem klassischen Vorbilde von den Kanarischen Inseln Caldera genannt wird, wogegen die einen Ringwall bildenden vertikalen Wände der Einsenkung nach dem Vorbilde des Vesuv mit dem Namen Somma benannt wurden.

Der Typus eines Vulkanes mit einer dauernden Lage des Herdes unmittelbar unter dem Vulkane wäre, wenn wir nach einer Abbildung und kurzen Beschreibung schliessen können, der Barren-Island im Bengalischen Meerbusen, welcher von einer Somma umgeben ist, in deren Caldera das Meer eintritt. Zum Unterschiede von den übrigen Vulkanen zeichnen sich diese Vulkane dadurch aus, dass sie sich in einer ununterbrochenen Thätigkeit befinden, und es muss angenommen werden, dass der Vulkan mit seinem Herde ununterbrochen zusammenhängt, bezw. kommuniziert; der Herd des Stromboli muss seitwärts in der unmittelbaren Nähe des Vulkanes am Meeresgrunde sich befinden und mit dem Vulkane ebenfalls ununterbrochen kommunizieren; hier am Meeresgrunde liegt auch das Senkungsgebiet des Vulkanes. Zu dieser Kategorie dürfte auch Kilauea, einer der grossartigen Vulkane auf Hawaii, gehören. Bei Stromboli besteht die Thätigkeit im Steigen und Fallen des Lavaspiegels in Perioden von 10—15 Minuten, den Aufwallungen der Island-Geisire ähnlich; bei der Aufwallung explodiert aus der Lava eine dichte Dampfmasse, welche glühende Lavafetzen in die Luft schleudert. Bereits geringe Änderungen des atmosphärischen Luftdruckes und des Barometerstandes beeinflussen die Thätigkeit des Vulkanes in der Weise, dass bei einem mindern Drucke die Explosionen häufiger und stärker sind.

Nur in einzelnen Fällen enthalten die Berichte über Vulkanausbrüche Andeutungen über die Lage eines entferntern Herdes,

dessen Ort durch eine mit der Vulkaneruption gleichzeitige Einsenkung der Erdoberfläche sich auszeichnet. So ereignete sich im April 1815 eine fürchterliche Eruption des Vulkanes Sumbava auf der gleichnamigen Insel. Die Stadt Temboro auf der Westseite vom Sumbava wurde hierbei vom Meere überflutet, welches an der Küste am Fusse des Vulkanes einbrach, so dass das Wasser 18 Fuss tief an Stellen stehen blieb, wo früher trockenes Land war. — Auch die seinerzeitige Senkung des Strandes in der Bai von Bajä mit dem Serapistempel, welche über 6 *m* betragen hat, dürfte mit einem unbekannten entferntern vulkanischen Ereignisse z. B. einem Vesuvausbruche zusammenhängen, wobei temporär der Herd auf diese Stelle verlegt war.

Wenn die verschobenen Magmamassen sich verirren, nicht zum Vulkane, sondern in einer andern Richtung verschoben werden, so kann entweder ein neuer Vulkan entstehen, oder kann nur eine Emporhebung des Bodens zurückbleiben.

Durch die verschobenen Massen wird die Erdrinde lokal plötzlich emporgehoben, wogegen über dem Vulkanherde die Erdrinde plötzlich gleichzeitig einsinken muss. Infolge der Ausdehnung der Schichten durch die Aufblähung entstehen Berstungen der Erdrinde, welche vor einer jeden Vulkaneruption beobachtet werden, durch welche gleich die Magmamasse emporsteigen kann; ohne Aufblähung und Berstung der Erdrinde könnte das Magma überhaupt nicht nach oben gelangen.«

7. Inseln.

Die Färöer schildert[1]) G. Schoener auf Grund eines in dänischer Sprache im Jahre 1900 erschienenen Werkes von Jörgen Falk Rönne. Sie bestehen aus 18 kleinen Inseln und einigen Klippen, umfassen ein Areal von 24 Quadratmeilen und haben eine Bevölkerung von 14 000 Seelen. Durch den Skaapenfjord in eine nordfjordische und südfjordische Gruppe geschieden, umfasst erstere die 13 Inseln: Strömö, Hauptinsel mit der Landeshauptstadt Thorshavn (1500 Einwohner), wo sich der Sitz der Verwaltung, die oberste Kirchenbehörde, die Realschule, der Arzt und die Apotheke für alle Inseln befindet, Hestö, Kolter, Naalsö, Vaagö, Mögenäs, Osterö und die sechs Norderöere Kalsö, Kunö, Borö mit dem Handelsplatze Klakvig, Viderö, Svinö und Fuglö. — Die südliche Gruppe besteht aus Syderö mit dem grössten färöischen Handelsplatze Tveraa mit gutem Hafen, Stapel für Schiffsreparaturen und Kohlengruben (nicht mehr im Betriebe), hervorragender Ausfuhrplatz für den Klippfisch; ferner Lille Dimon, Sandö, Skuö und Store Dimon. Im südlichen Teile befinden sich je zwei Kirchspiele und Kreisbehörden, im nördlichen je fünf dieser beiden Stellen. Durch ihre völlige Ab-

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau f. Geographie 1901. 23. p. 487.

geschiedenheit haben sich auf den Inseln uralte Sitten und Gebräuche bis auf unsere Tage erhalten, und die färöische Sprache ist ein Dialekt des Altnordischen, das sich am reinsten auf Island bewahrt hat, jedoch verstehen sich die Färinger und Isländer gegenseitig ohne besondere Schwierigkeiten.

Auf Naalsö findet sich eine Zeolithhöhle mit herrlichen Tropfsteinformationen in intensiv blauer Beleuchtung, aus der Glimmer, Quarz und Zeolith hervorleuchten. In derartigen Höhlen und Grotten hat der Seehund seine Brutplätze, hier liegt er mit seinen Jungen auf dem weissen Sande. Bemerkenswert ist die freistehende, turmartige Klippe Troldkrone-fingeren (Finger der Zauberin) auf Vaagö, die 325 *m* über das Meer ragt. Bei Skopen auf Sandö baut sich eine natürliche, mächtige Steinbrücke hoch über einem Abgrunde auf.

Das Innere entbehrt abwechselungsreicher Formen, da nur ein geringer Teil des Landes bebaut ist, und die bewohnten 17 Inseln nur 86 Siedelungen aufweisen. Der grössere Teil ist ursprüngliche, unberührte Natur. Eigentliches Flachland fehlt vollständig, und infolgedessen sind Strassen und Wagen hier etwas Unbekanntes. Der höchste Punkt ist das Skellingfjäld auf Strömö mit 725 *m*. Hin und wieder erscheinen kleine Bergseen, überall aber eine Menge schäumender Elven und Fosse, das einzige belebende Element, da Baumwuchs, ja selbst der kleinste Strauch dem Lande vollständig mangelt, und nur braunes Heidekraut und gelbgrünes Gras die Umgebung der Ansiedelungen bedecken.

Durch ihre Lage mitten in einem gewaltigen Meere, oben im Norden, sind die Inseln in hohem Masse den starken Nebeln und jähen Unwettern, die über die ausgedehnte Fläche rasen, ausgesetzt. Die Küsten werden von verschiedenen Meeresströmungen berührt, die auf die Temperatur eine starke Wirkung ausüben, wodurch die auf den Inseln herrschenden unstäten Witterungsverhältnisse verursacht werden. Fast nie ist die Witterung an zwei Orten die gleiche; oft kann der Schiffer bei prächtigstem Wetter heimsegeln, wird aber in der Mitte des Fjordes von einem entsetzlichen, von dem entgegengesetzten Lande kommenden Sturme überrascht, wodurch im allgemeinen die Bootfahrten zwischen den Färöern so gefährlich werden. Wärme, Kälte, Wind, Stille und Sturm wechseln hier schnell miteinander ab, so dass beständiges Wetter so gut wie unbekannt ist.

Die Flut erreicht in den Fjorden und Sunden des Ostens eine Höhe von 6—7 Fuss, im Westen von 9—10 Fuss, die Ebbe bewirkt einen um 2 Fuss verminderten Wasserstand.

Die Insel Jan Mayen schildert A. Lorenzen.[1]) Sie bildet die einzige überseeische Erhebung des von Island nach Nordosten in das Europäische Nordmeer hinausschiessenden untermeerischen Rückens,

---

[1]) Gaea 1901. p. 277.

welcher die norwegische Tiefe im Westen begrenzt, und erstreckt sich in der Richtung des Rückens von 70° 50′ nördl. Br. und 9° 1′ westl. L. von Greenwich bis 71° 10′ nördl. Br. und 7° 58′ westl. L. Der mittlere, schmälere Teil der Insel ist gleichzeitig der niedrigste und verbindet den nordöstlichen, fast ganz von dem massigen, 2545 *m* hohen Beerenberge (nicht Bärenberg, wie vielfach, z. B. auch in Ritters Lexikon, geschrieben wird) eingenommenen Hauptbestandteil der Insel mit dem südwestlichen kahlen Hochlande. Die ganze Länge der Insel beträgt ca. 98 *km*, und der Flächeninhalt wird zu 378 *qkm* angegeben.

Prof. A. G. Nathorst vergleicht in dem Berichte über seine Expedition (Ymer. 1900. Heft 2) die Gestalt der Insel treffend mit einer in nordwestlicher Richtung ausgezogenen 8, deren nordöstliche Schlinge breiter als die südwestliche ist. Auf ersterer dominiert der Vulkan Beerenberg, während auf dem südwestlichen Teile nur kleinere Krater vorkommen. Der Beerenberg ist ein mächtiger vulkanischer Kegel von 2545 *m* Höhe, dessen oberer Teil vollständig in Eis und Schnee gehüllt ist und mehrere recht bedeutende Gletscher aussendet, welche alle bis ans Meer reichen, wenn auch einzelne durch eine Endmoräne von demselben geschieden werden.

Die Besteigung des Beerenberges ist bisher noch nicht gelungen. 1882 versuchte Graf Palffy sie, musste aber nach einer mühsamen Gletscherwanderung in der Höhe von 1572 *m* umkehren. Der ganze Berg hat recht regelmässige Kegelform, der obere Teil zeigt jedoch eine nordöstlich-südwestlich verlaufende tiefe Spalte, durch welche man in den Trichter des Kraters blicken kann, der von steilen Felswänden umschlossen wird. Der untere Teil des Berges besteht aus Lava, darüber lagert ein vulkanischer Aschenkegel. Der Hauptkrater scheint erloschen zu sein, da man keinen Ausbruch desselben kennt; aber 1782 beobachtete der Schiffer J. Laab einen von Aschenregen begleiteten Ausbruch vom Fusse des Berges; Scoresby beobachtete 1818 eine Rauchsäule, welche von einem kleinern Krater an der Basis emporstieg, und während der Überwinterung der österreichischen Expedition fanden an der Ågö (Eierinsel), einer Halbinsel im Süden des Beerenberges, mehrfach Ausbrüche von Wasserdämpfen und einige recht heftige Erdbeben statt, deren Fortpflanzungsrichtung (Südwest-Nordost) ungefähr mit der Ausbruchsrichtung des Hekla auf Island übereinstimmte.

Die Insel ist geologisch noch recht jugendlichen Alters, und wahrscheinlich ist ihr Umriss noch gegenwärtig Veränderungen unterworfen; denn während die alten Karten an einigen Stellen noch für die gegenwärtigen Verhältnisse korrekt sind, sind sie für andere Teile so abweichend, dass die Annahme nahe liegt, dass die Küstenlinie hier seit der Herstellung der Karten ihren Verlauf geändert hätte. Dies gilt namentlich für die mittlere Partie der Insel, welche durch eine Kette von Kratern und kleinen Bergen von 150—200 *m*

Höhe gebildet wird. Auf den ältern Karten lehnt sich an diese eine Lagune im NW, während die grössere im SO nicht vorhanden ist, hier vielmehr die Treibholzbucht so tief einschneidet, und das Meer die Eierinsel von dem eigentlichen Jan Mayen trennt. Höchst wahrscheinlich ist, dass wir hier Neubildungen vor uns haben.

In der Mary Muss-Bucht ankerte die norwegische Nordmeerexpedition, als sie Jan Mayen besuchte. Vor ihnen lag Fugleberget (der Vogelberg) mit seinen steilen, dunklen Abhängen, die Ruine eines Kraters, dessen westlicher Teil ins Meer gestürzt ist, so dass der Trichter jetzt dem Meere zugekehrt ist. Er besteht aus Schichten von Tuff, Lava und ausgeworfenen Schlacken und Aschen. An der südlichen Seite der Mary Muss-Bucht erhebt sich in der Nähe der See ein kleiner, kegelförmiger Krater (Krater Blytt) und innerhalb derselben, der Mitte der Insel näher, ein etwas grösserer von gleicher Gestalt (Krater Danielssen), der aus roten, abgerundeten Auswürflingen und schwarzer Asche besteht. Der Höhenrücken der Insel ist hier am schmalsten und am niedrigsten. Er besteht aus Lava, fest und hellgrau, deren Oberfläche gleichmässig von Blasen durchsetzt ist. Dieselbe ist nur sehr schwach magnetisch, während eine dichtere und dunklere Lava, welche an mehrern Stellen vorkam, deutlich polarmagnetisch ist. Die niedrigste Partie des Höhenrückens war 66 *m* hoch. Der Höhenrücken stürzte nach Südosten jäh ab. Hier lag ein ausgedehntes, niedriges Vorland ihm vorgelagert, welches die innere Begrenzung der langen, östlichen Lagune bildete und sich bis hinter Ågöen hinzog.

Die Ufer der Eierinsel sind überall sehr steil. Die südwestliche Seite bietet ein ausgezeichnetes Profil der Aschen- oder Tuffschichten, aus denen die Insel oder jetzt richtiger Halbinsel besteht. Schwache Windstösse reissen Teile der Asche los, welche entweder von heftigern Windstössen in hohen Rauchwolken aufgewirbelt werden oder auch zur Ebbezeit auf den trockenen Vorstrand, zur Flutzeit ins Meer stürzen. Wie Fugleberget ist auch Ågöen ein zerstörter Krater, aber hier ist noch ein Rest der Kraterwand stehen geblieben, Ågö-Kalven (das Kalb der Eierinsel), und dieser besteht wie Ågöen aus schwarzem Tuffe, der grössere uud kleinere Steine einschliesst. Im Kalbe sieht man Steine, deren Durchmesser bis zu einem Meter betragen.

Die schmale Mittelpartie der Insel geht allmählich in das etwas höhere und breitere Südland über, welches aus zahlreichen Kratern und Bergen besteht, und dessen steilen Küsten überall kleine Schären bizarrster Formen vorgelagert sind.

Jan Mayen liegt innerhalb des Bereiches der arktischen Strömung und ist während eines grossen Teiles des Jahres von Eis umschlossen, das jedoch gewöhnlich in der Nähe der Insel eine Einbiegung besitzt, welche mit Vorliebe von den Seehundsfängern aufgesucht wird, aber diese Einbiegung des Randes reicht oft gar nicht bis an die Insel,

so dass diese selbst unzugänglich bleibt. Die beste Zeit für Landungen dauert von Ende Juli bis in den August; eine faktische Ausnahme war es, dass 1883 die Insel bereits am 13. Juni frei war.

Die Temperatur ist nur niedrig. Nach den österreichischen Beobachtungen betrug die mittlere Jahrestemperatur — 2.3° C., das absolute Maximum (im August) + 9.0° C. und das Minimum (im Dezember) — 30.6° C. Infolge der insularen Lage sind die Temperaturschwankungen nicht besonders gross. Dem entsprechen auch die Witterungsverhältnisse. Der Himmel ist fast stets mit Wolken bedeckt, und gewöhnlich lagert dichter Nebel auf den Bergen und umhüllt den prächtigen Beerenberg.

Die Insel Tinian im Archipel der Mariannen ist vom Kaiserl. Bezirksamtmann Fritz in Saipan besucht und geschildert worden. Sie wird von dem im Norden benachbarten Saipan durch eine etwa 6 *km* breite Meerenge getrennt. Eine hohe Brandung steht rings um die felsige Küste, die im Westen 3—5 *m*, im Osten bis zu 50 *m* steil abstürzt. Die Insel, welche eine Grösse von beiläufig 11 600 *ha* hat, ist ein etwa 30—50 *m* über das Meer sich erhebendes Plateau, das nur im Süden zu grösserer Höhe — vielleicht zu 200 *m* — ansteigt. Sie ist mit tiefgründigem, rotem Thone und glasharten Korallenfelsen bedeckt; zu Tage tretendes Urgestein wurde nirgends gefunden. Fliessendes Wasser fehlt, dagegen giebt es drei Lagunen, deren grösste im Norden zur Regenzeit etwa 40 *ha* misst. Der Regenfall soll im allgemeinen reichlich sein, wie auf den übrigen Mariannen; einige Brunnen geben in geringer Tiefe gutes Trinkwasser. Trotz der erprobten Fruchtbarkeit des Bodens ist die Vegetation nicht besonders üppig. Ein Waldgürtel im Süden von 10—15 *m* Höhe geht allmählich in 4 *m* hohen Busch und dieser in die Savannen über, welche den weitaus grössten Teil der Insel bedeckt. Hier halten sich Rudel verwilderten Rindviehes, zahlreiche Schweine und Hühner auf. Die Rinder sind unzweifelhaft erst von den Spaniern, wahrscheinlich aus Mexiko, eingeführt worden. Im Jahre 1858 wurden die Aussätzigen von Saipan, ihrem seitherigen Asyle, nach Tinian gebracht; aber schon 1855 raffte eine auf den Mariannen ausgebrochene Blatternepidemie alle Leprosen bis auf zwei oder drei hinweg, welche nach Tanapay übersiedelten.

Die Karolineninsel Yap ist von Prof. G. Volkens 1900—1901 besucht worden, und gab derselbe eine eingehende Schilderung dieses Atolls.[1]) Sie ist, von ein paar andern kleinen Atollen abgesehen, die westlichste der Karolinen. Yap ist von Südwest nach Nordost gestreckt, mit einer Spitze weist es nach Süden und nimmt von da nach Norden an Breite immer mehr zu, so dass im allgemeinen die

[1]) Verhandlungen d. Ges. f. Erdkde. zu Berlin 1901. p. 62.

Gestalt eines von links nach rechts gewendeten Kommas herauskommt. Die Längenausdehnung beträgt 2 $^{1}/_{2}$, die Breite in der Mitte 1$^{1}/_{2}$ Meilen. Das Areal, welches die Insel einnimmt, beträgt vier Quadratmeilen. Von dem höchsten Berge, dem 300 *m* hohen Köbüll, übersieht man nicht nur das ganze feste Land, sondern noch ringsum weit darüber hinweg die Fläche des Meeres. Der Blick ist ungemein reizvoll. Von den tiefblauen Wogen des Ozeans hebt sich zunächst, in einer Entfernung von einer Viertel- bis zu einer ganzen Meile vom Strande, ein die ganze Insel umziehender, bei Sonnenlicht silberweiss glänzender Kranz, die Brandung, ab, die viele Meter hoch aufspritzenden, in Schaum zerschlagenen Wellen kennzeichnend, mit denen sich das Meer gegen ein Küstenriff bricht. Davor, dem Lande zu, spielen grünliche und gelbliche Lichter auf dem ruhigern Wasser als Widerschein des hellen Korallenbodens, der zur Ebbezeit oft kaum in Manneshöhe vom flüssigen Elemente überspült wird. Da und dort baut sich die Koralle höher auf, winzige Eilande bildend, die entweder dauernd oder nur bei tiefem Wasserstande sich über den Spiegel des Meeres erheben. Die letztern sind naturgemäss kahl, die erstern erscheinen mit Palmen und andern Bäumen bedeckt, zwischen denen die Wellblechdächer verschiedener Handelsniederlassungen hervorlugen. Sie werden der Hauptinsel gegenüber von Europäern als Wohnplätze bevorzugt, weil sie allseitig bequem mit Booten zu erreichen sind, und das Eigentum sich auf ihnen besser vor Diebstahl bewahren lässt.

Allenthalben, besonders gegen Norden, springen tiefe, vielfach kanalartig schmale Buchten weit ins Innere, sich teilend und gabelnd, von dichter Mangrovevegetation umsäumt. Ganz im Norden haben die von verschiedenen Seiten her eindringenden Fluten sich an zwei Stellen vereint und so dazu geführt, dass zwei grössere Landkomplexe, Map und Rumong genannt, als besondere Inseln durch schmale Meeresarme abgetrennt worden sind. — Die Küste fällt teils steil, oft senkrecht, 10—30 *m* zum Meere ab, bald hebt sie sich kaum aus dem Meere. Hinter einem schmalen Gürtel von 10—1000 *m* Breite steigt das Land mehr oder weniger plötzlich auf, entweder zu einer einzelnen Plateaustufe oder zu einem Hügelgelände, das in der aus drei Bergen bestehenden Burräkette ungefähr in der Mitte der Insel seine höchsten, 250—300 *m* hohen Erhebungen findet. Wo der Küstenreif bis weit hinein eben ist, zeigt sich meist keine Mangrove vorgelagert; ein flacher Sandstrand breitet sich hier aus, die Decke bildend für festgefügten Korallenkalk. Nie hebt sich dieser, wie es allenthalben auf den Palaus und vornehmlich auch auf den Marianen der Fall ist, zu bedeutendern Höhen. Grüngraues Schiefergestein ersetzt ihn hier, stellt den Grundstock Yaps dar, indem es wohl auf $^{4}/_{5}$ der gesamten Fläche ausschliesslich herrscht. Geologisch am interessantesten sind die abgetrennten kleinern Inseln Rumong und Map im Norden. Hier sieht man von den Höhen viel-

fach sich mächtige Lavaströme ins Meer stürzen, die an ihren jähen, wie abgeschnitten erscheinenden Abfällen eine ganze Musterkarte faust- bis kopfgrosser Gesteinseinschlüsse gewahren lassen.

Die Vegetation Yaps gliedert sich in die der Mangrove, des Strandes, des Kulturlandes und der Berge im Innern der Insel. Sie dürfte 500 distinkte Arten nicht übersteigen, wovon allein etwa 60 auf Farne, ebenso viele auf Gräser und 30—40 auf Cyperaceen kommen.

Die Tierwelt der Insel weist nur drei Säuger auf, einen fliegenden Hund, eine Ratte und eine Maus; die Vögel, von den auch nicht zahlreich vertretenen Seevögeln abgesehen, beschränken sich auf etwa ein Dutzend Arten, von denen ein schwarzer Star am häufigsten ist. Schlangen und Frösche fehlen ganz, dafür sind vier Arten von Eidechsen gemein. Mit das auffälligste Tier ist ein Leguan, von dem Verfasser Exemplare sah, die von der Schnauze bis zur Schwanzspitze $1^1/_4$ *m* massen. Der Leguan ist für die Eingeborenen ein heiliges Tier, aber nur während einiger Monate, in andern schlagen sie ihn ohne Bedenken tot. — Sehr spärlich ist im allgemeinen auch die Insektenwelt; Heuschrecken, Libellen, Schmetterlinge und Schaben weisen noch einen gewissen Artenreichtum auf, von Käfern hat Verfasser trotz eifriger Nachstellung nur etwa 20 verschiedene feststellen können. Die Meeresfauna ist um so reichlicher entwickelt. „Fährt man mit einem Boote über die Korallenbänke, die hier freilich nicht die Formenmannigfaltigkeit und Farbenpracht wie auf den Palaus besitzen, so sieht man das bis auf fünf und mehr Meter vollkommen durchsichtige Wasser von zahlreichen, häufig wunderbar bunten Fischen aller Klassen und jeder Grösse belebt, Seesterne und Seeigel haften auf dem Grunde, und träge ruhen in ihrer Gesellschaft bis meterlange Holothurien, von denen einzelne als Trepang gefischt und von den Händlern im getrockneten Zustande zu hohen Preisen nach China verschifft werden. Die Zahl der Seeschnecken und Muscheln ist Legion; alle die bei uns als Zierarten aus der Südsee verbreiteten Gestalten treffen wir an, darunter auch die Perlmuschel, allerdings nicht in der Grösse und Häufigkeit, wie in den Gewässern des Bismarck-Archipels.

Was das Klima angeht, so ist bezüglich seiner Wirkung auf den Menschen zu betonen, dass es als ein ausserordentlich gesundes bezeichnet werden kann.«

Die Weihnachtsinsel ist unlängst von Sir John Murray besucht worden. Derselbe ist der Erste, welcher sie von einem Ende zum andern durchquert hat. Diese einsame Insel im Indischen Ozeane ist 126 englische Meilen lang und 7 Meilen breit. Sie ist mit dichtem Walde bewachsen. Als Murray die Insel durchstreifte. waren daselbst 13 Weisse, darunter ein Arzt, ein Chemiker und ein Ingenieur mit ihren Familien, mit 720 Kulis an der Ausbeutung

der reichen Phosphatlager beschäftigt. Die Fauna und Flora der Insel ist von grösstem Interesse. Die ganze Insel ist mit merkwürdigen roten Krabben von 18 Zoll Breite bevölkert. Diese Tiere verstehen es ausgezeichnet, Bäume zu erklettern, und einmal im Jahre findet eine regelrechte Wanderung dieser Krustaceen statt. Die Tiere wandern in Scharen 15 Tage lang und kehren, nachdem sie ihre Eier gelegt haben, zurück. Es giebt nur fünf Säugetierarten auf der Insel, darunter zwei sonst unbekannte Rattenarten. Dieselben haben verschiedene Färbung, die auf dem Plateau lebenden sind braun, und die näher der Küste vorkommenden schwarz, und um ihre Vermehrung zu steuern, hat man eine Anzahl Terrier importiert. Es giebt ferner eine zahnlose Schlangenart und eine wurmähnliche, blinde Schlangenspezies. Um zu dem 300 m hoch gelegenen Plateau in der Mitte der Insel zu gelangen, musste Murray sich einen Weg durch dichten Wald hauen. Die Insel untersteht der Regierung der Straits Settlements und soll vor der Annektierung durch die Briten unbewohnt gewesen sein.

Lebende und jungfossile Korallenriffe im nördlichen und mittlern Teile des Küstengebietes von Deutsch-Ostafrika schildert auf Grund eigener Studien an Ort und Stelle Dr. Emil Werth.[1]) Junge (quartäre) Gebilde, vornehmlich aus einem lehmartigen, grobkörnigen, thonigen, weichen Sandsteine bestehend, bilden, als steile Rampe abfallend, dort entweder selbst das Meeresufer oder werden von einem schmalen Gürtel alluvialer Sande oder mariner Kalke eingefasst. Die so gebildete Küste des Festlandes und der Inseln wird von einem vielfach unterbrochenen Saume lebender Korallenriffe eingefasst. Von wechselnder Breite und Form schliesst er sich überall, wo er auftritt, unmittelbar der Küstenlinie an, selbst relativ kleine Ausbuchtungen und Vorsprünge derselben mitmachend. Er ist im allgemeinen dort auf längere Strecken unterbrochen, wo die grössern Flüsse in ausgedehnten Deltas Süsswasser und Schlammmassen dem Meere zuführen, wie wir beim Rufiji, Kingani und Wami namentlich wahrnehmen. Beim Pangani dagegen, wo eine Deltabildung durch die Nähe des unterseeischen Steilabfalles des Kontinentes ausgeschlossen ist, treten auch die lebenden Riffe unmittelbar an die Ufer der Flussmündung heran. Sehr schöne, in weiter Ausdehnung ununterbrochene Saumriffe zeigen die drei grössern, der äquatorial-ostafrikanischen Küste vorgelagerten Inseln, Pemba, Sansibar und Mafia, namentlich auf ihrer, dem submarinen Steilabfalle nahe gelegenen Ostseite. Desgleichen werden die zahlreichen kleinern Inseln, die dem Kontinentalsockel aufgesetzt die ostafrikanische Küste begleiten oder die genannten grössern Inseln

[1]) Zeitschrift der Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1901. **36.** No. 3. p. 115.

umschwärmen oder endlich mehr oder weniger selbständige Gruppen bilden, von Küstenriffen umsäumt.

Neben diesen Saumriffen trifft man dort eine zweite Art von lebenden Riffen an, die ohne Beziehungen zum Verlaufe der Küstenlinien in regelloser Anordnung die Flachsee erfüllen. Sie finden sich daher dort in grösster Menge und Mannigfaltigkeit, wo wie im Sansibar- und Mafiakanale die Hundertfadenlinie sich weit von der Küste entfernt, während sie bei geringerer Ausdehnung der Flachsee fast eine reihenweise gedrängte Anordnung zeigen. Diese Riffe, die Verf. nach Ortmann Flachseeriffe nennt, gehen vielerorts unmerklich in die Form der Saumriffe über; die Wassertiefen, die sie von der Küste und untereinander trennen, sind oft nur sehr gering und schliessen das Vorkommen lebender Korallen nicht aus.

Betritt man vom Lande aus das Korallenriff (natürlich nur während der Ebbezeit), so gelangt man zunächst auf eine sanft gegen die See hin geneigte Strandterrasse aus festem Gesteine, welches jedoch an den meisten Stellen von mächtigen Detritusmassen, einem Zerreibsel von Korallenstöcken und Molluskenschalen, (Korallensand) überdeckt ist. Ausgedehnte Wiesen von Seegräsern überziehen und befestigen diese Sedimente. Vom Korallensande nicht bedeckte Felsflächen werden gern von einer Fleischkoralle *(Zoanthus)* eingenommen, deren Kolonien während der Ebbezeit, wenn die Polypen ihre Tentakelkränze eingezogen haben, als eine unscheinbar graue schlüpfrige Masse erscheinen, unter Wasser gesetzt aber mit den entfalteten Tierchen einem smaragdgrünen Moosteppiche gleichen, neben dem sich zierliche zinnoberrote Schwämme auffallend abheben.

»Weiter ausserhalb verliert die Oberfläche der Terrasse an Regelmässigkeit der ebenflächigen Ausbildung; Vertiefungen kleinern und grösseren Umfanges und von $^1/_2$—2 *m* Tiefe treten auf. In diesen sogenannten Brunnen findet man dann auch in der Regel die ersten riffbildenden Korallen, kleinere Arten der Gattung *Madrepora*, Orgelkorallen *(Tubipora)* und wenige andere. Unzählige Arten von Aktinien in den herrlichsten Farben und Formen, Krustaceen, Echinodermen und buntscheckige Fische beleben diese Tümpel. Daneben treten auch auf der Terrasse zwischen Seegräsern und Tangen zerstreute Steinkorallen auf: Stylophoren, Madreporen, Mäandrinen, *Astraeopora* u. s. w. Doch die grossartigste Fülle und Mannigfaltigkeit der Formen der riffbildenden Korallen treffen wir erst in der Nähe der äussern Kante, wo das Riff schräg zur Tiefe abfällt, und wo durch das intensive Wachstum der Polypenkolonien und die von der Brandung losgebrochenen und angehäuften Trümmer sich ein etwas (bis $^1/_2$ *m*) erhöhter Wall gebildet hat. Hier gedeihen namentlich die Madreporen in grosser Zahl an Arten und Individuen und in üppiger Entfaltung. Hier steht Stock an Stock, und wo nur ein solcher ganz oder teilweise abgestorben ist, hat bereits eine

andere Koralle ihn als feste Unterlage zur Bildung eines neuen Stockes in Besitz genommen. Hier, wo die kräftige Aussenbrandung den Polypentierchen unaufhaltsam neue Nahrung an pelagischen Mikroorganismen zuführt, befinden sich die stockbildenden Korallen in ihrem eigentlichen Elemente. In der Tiefsee würde ihnen der mechanische Schutz durch Vereinigung zahlreicher Individuen und Ausscheidung eines Kalkgerüstes wenig Nutzen bringen. In der bewegten Flachsee dagegen sind diese Einrichtungen von hervorragender Bedeutung. Namentlich die schirmförmig ausgebildeten Madreporaarten zeigen in ihrer Gestalt deutlich eine Anpassung an die Verhältnisse in der Brandungszone; sie sind daher auch besonders charakteristisch für dieses Gebiet, während die mehr strauchig-ästigen Stylophoren auf der Innenseite des Randwalles vorherrschen.

Neben den Steinkorallen kommt verschiedenen Formen von Kalkalgen eine nicht unerhebliche Rolle auf dem Riffe zu.

Wendet man sich vom lebenden Riffe wieder dem Lande zu, so trifft man an verschiedenen Punkten Klippen aus Kalkgestein, welche in steilem, von der Brandungswelle unterwaschenem Absturze sich 5—12 *m* über die Hochwasserlinie erheben. Dr. Werth hält sie für gehobene alte Riffe. Die in unmittelbarer Nähe der Küste anstehenden schliessen sämtlich eine noch lebende Fauna ein, ihre Bildung muss daher in die jüngste geologische Vergangenheit fallen, während die in Seehöhe von über 25 *m* auftretenden Kalke möglicherweise nicht mehr vorkommende Tierformen enthalten. Was den Untergrund der Riffe anbelangt, so trägt der sandige Grund, der dort durch Seegrasvegetation eine Spur von Festigung zeigt, verschiedene Formen von Riffkorallen, die ihm ganz lose aufliegen und ohne die geringste Schwierigkeit abgehoben werden können. »In allen solchen Fällen mag eine Muschel- oder Schneckenschale, ein abgestorbenes Korallenbruchstück, ein Steinchen oder dergleichen den ersten Ansatz ermöglicht haben, so dass schliesslich der erwachsene Korallenstock scheinbar im Sande liegt. Die lebenden, wachsenden Riffe unseres Gebietes finden sich zumeist auf dem Sockel eines abgestorbenen Riffes. Man sollte meinen, dass dieser in allen Fällen eine feste Unterlage für die Ansiedelung von Korallenstöcken darböte. Dem ist jedoch nicht so. Die äquatorial-ostafrikanische Küste befindet sich gegenwärtig in einer Periode positiver Strandverschiebung. Das lebende Riff wächst daher auf der von der Brandungswelle geschaffenen Strandterrasse nach oben allmählich nach. Im gleichen Masse, wie die Strandlinie weiter landeinwärts verlegt wird, wird aber auch die sich seewärts anschliessende felsige Terrassenfläche von Trümmermaterial bedeckt, welches zum Teil von dem lebenden Riffe selbst stammt. So sind die Polypenstöcke genötigt, landeinwärts vordringend, sich zunächst auf lockern Sedimenten, die selbst einer festen Felsfläche aufliegen, anzusiedeln. Auch die

Betrachtung der fossilen Riffe zeigt an den Stellen, wo ein solches bis auf den Grund angeschnitten ist, wie dies vielfach in dem Steilabbruche der Meeresküste der Fall ist, dass dieselben zumeist in gleicher Weise auf dem Sockel eines ältern Riffes abgelagert wurden.

Was die Bildung des festen Riffgesteines aus den Korallengarten des lebenden Riffes anbelangt, so äussert sich Dr. Werth darüber in folgender Weise: »Durch die Wucht der Brandungswelle werden unaufhaltsam Zweige und Äste lebender und abgestorbener Stöcke abgebrochen und auf das Riff geworfen, wo sie sich zugleich mit den Kalkschalen von Schnecken, Muscheln, Echinodermen und Krebsen ansammeln. Alle diese Teile bleiben entweder gleich im Geäste anderer Stöcke hängen und werden durch überwuchernde Kalkalgen mit ihnen verkittet, oder sie werden bei fortschreitender Flut abermals von den Wogen des Meeres erfasst und weiter zertrümmert. Auch hungerige Krebse, Holothurien, Würmer und Muscheln nehmen ohne Zweifel an der Zerkleinerung der Getrümmer teil. Auf diese Weise entsteht der sogenannte Korallensand. Derselbe stellt demgemäss ein sandartiges, buntes Gemenge von Fragmenten von Korallenzweigen, von Muschel- und Schneckenschalen u. s. w. dar; die Korngrösse schwankt zwischen der einer Bohne, so dass kleinere Schneckengehäuse oft fast ganz erhalten sind, bis zu fast staubfeinen Partikelchen. Dieser Korallensand, an sich schon geeignet, in alle vorhandenen Lücken zwischen den Korallenstöcken einzudringen und dieselben auszufüllen, erfährt jedoch zum grossen Teile noch eine weitere Verarbeitung und Aufbereitung durch die Brandungswelle, nachdem er von dieser auf die ebenflächige Felsplatte in die Nähe der Flutniveaulinie, auf die Brandungsterrasse transportiert worden ist. Hier werden durch die Thätigkeit des aufrollenden und wieder abfliessenden Wassers die gröbern Bestandteile des Sandes von den feinern geschieden. Erstere bleiben in der Nähe der Flutgrenze liegen und bewirken unter günstigen Verhältnissen einen nicht unerheblichen Landzuwachs, letztere jedoch werden als feinster Sand oder im Wasser einen gleichmässigen Schlamm bildendes Pulver wieder meerwärts dem Riffe zugeführt, wo sie leicht in alle Lücken und Hohlräume eindringen oder flache ausgedehntere Vertiefungen als gleichmässige Ablagerung auffüllen. Daneben sind auch in bescheidenem Masse schon die lebenden Riffbewohner bestrebt, vorhandene Lücken auszufüllen. Noch lebende Korallenstücke werden an der abgestorbenen Basis von andern kompakten und flächenartig wachsenden Formen überwachsen. Kalkalgen siedeln sich zwischen den Korallenstöcken in grossen Massen an und entfalten ihre zierlich gegliederten Vegetationskörper selbst im Gezweige des lebenden Polypars. Welche wichtige Rolle Kalkalgen bei der Bildung des festen Riffgesteines spielen, davon konnte Verfasser sich bei dem Orte Mujuni, an der Ostküste der Insel Sansibar, überzeugen. Dort

führte sein Weg ungefähr einen Kilometer weit über ein Gestein, das fast ausschliesslich aus den verkitteten Tallusgliedern dieser Alge besteht, die dort in solcher Menge auftritt, wie wir es sonst nur bei gesteinsbildenden Foraminiferen gewohnt sind.« Ein äusserst wichtiger Faktor bei der Bildung des Riffgesteines ist nach Dr. Werth die Kalk auflösende Wirkung des warmen Seewassers. »Unterstützt durch die durch Verwesung organischer Stoffe frei werdende Kohlensäure vermag das Wasser leicht, die abgestorbenen und nicht mehr durch eine lebende Sarkodeschicht geschützten Korallenstöcke, namentlich die porösen, maschig gebauten Formen der Madreporen ganz oder teilweise zu lösen. Besonders leicht fällt natürlich der feine Korallensand und -schlamm der Auflösung anheim. Saville-Kent weist in seinem grossartig angelegten Werke über das australische Barrierriff[1]) besonders auf diesen noch wenig gewürdigten Punkt hin. Bei Ebbe bleiben in den Vertiefungen des Riffes grössere und kleinere Tümpel zurück, in denen das Wasser bei der starken Sonnenbestrahlung nicht unerheblich verdunsten muss. Hierdurch wird der gelöste Kalk wieder ausgeschieden und bildet als ein lockeres, kreidiges Gestein einen wesentlichen Bestandteil des Riffes. Auf diese Weise erklärt sich die relativ grosse Armut an erhaltenen Korallen und das Auftreten der Schnecken und Muscheln fast allein als Steinkerne schon in den jüngsten der »gehobenen« Riffe, wie überhaupt die ganze Struktur und Beschaffenheit dieser Riffe. Die in ihnen erhaltenen Korallen gehören in überwiegender Menge den massigen Formen an, wogegen die reichverzweigten Madreporen und Stylophoren fast nur noch als Bruchstücke vorhanden sind, deren geringe Menge zudem in keinem Verhältnisse steht zu dem Überwiegen gerade dieser Formen auf dem lebenden Riffe und nur erklärt werden kann durch eine umfangreiche Zertrümmerung und Auflösung dieser zerbrechlichen und infolge ihrer porösen Struktur leicht löslichen Formen.

Gänzlich verschieden von dem eigentlichen Riffsteine ist der Korallensandstein. Bei ihm sind die zu einem mehr oder weniger feinen Sande zertrümmerten Korallen und Muschelschalen nur durch ein kalkiges Cement verkittet. Er stellt so ein gelblichgraues, bald sehr lockeres, bald dichteres Gestein dar, welches stets deutliche Schichtung zeigt. Dr. Werth möchte seine Entstehung hauptsächlich in die Linie des Hochwasserstandes verlegen, wo der Korallensand in grossen Massen abgelagert und oft, der Flutwelle entzogen, zu niedrigen Dünen angehäuft wird. Da, wo Verfasser diesen Korallensandstein beim jüngern fossilen Riffe antraf, hat er nur geringe Ausdehnung und ist von dem unterlagernden Riffsteine petrographisch scharf unterschieden. Was die in Riffkalk nicht selten vorkommenden Höhlen anbelangt so entsprechen sie nach Prof. J. Walthers Meinung

[1]) W. Saville-Kent The Great Barrier Reef of Australien. London 1893.

ursprünglichen Lücken im lebenden Riffe; dagegen kommt Dr. Werth auf Grund seiner Beobachtungen im ostafrikanischen Küstengebiete zu der Überzeugung, dass die dort auftretenden Höhlen erst nachträglich durch Auflösung und mechanische Erosion entstanden sind.

Gegenwärtig macht sich an der dortigen Küste eine positive Strandverschiebung geltend, der Verfasser macht jedoch wahrscheinlich, dass ein viermaliger Wechsel der Bewegungsrichtung der Strandlinien seit Bestehung der Korallenriffe stattgefunden haben muss.

8. Das Meer.

Sekundäre Schwankungen des Meerniveaus. In vielen Häfen zeigen die Flutwasser rasche Schwankungen des Seespiegels, deren Ursache noch unergründet ist. Besonders an der Küste Canadas, zwischen der Fundy-Bay und dem St. Lorenz-Golfe treten dieselben deutlich hervor. A. W. Duff hat nun die dortigen Aufzeichnungen von 20 Flutmessern während 7 Jahren genauer untersucht[1]) und ist zu folgenden Ergebnissen gelangt:

1. Die sekundären Schwankungen des Seeniveaus traten an den meisten Punkten, von welchen Aufzeichnungen vorliegen, auf. Sie sind teils regelmässig und periodisch, teils aber unregelmässig. Die erstern besitzen für jeden Ort eine bestimmte Dauer, die zwischen 1 und 60 Minuten schwankt. An manchen Punkten existieren zwei Systeme periodischer Schwankungen von ungleicher Dauer. Dieselben treten meist zu verschiedenen Zeiten auf, zuweilen fallen sie zusammen; an einer Station ist die Periode bei Flut gänzlich verschieden von der bei Ebbe.

2. Gewöhnlich treten die Schwankungen gleichzeitig auf an den Stationen des Atlantischen Ozeans (mit Einschluss der Fundy-Bay); aber es existiert offenbar kein Zusammenhang zwischen ihrem Auftreten an den Stationen des Atlantic und den Stationen am St. Lorenz-Golfe.

3. Die Barometeraufzeichnungen zeigen keine ähnlichen periodischen Schwankungen, aber sie zeigen Störungen bei oder nahe zu den Zeiten ausgesprochener sekundärer Schwankungen.

4. Wenn man sich dem Ende der Bucht nähert, werden die sekundären Schwankungen geringer. In St. John ist die Periode um so geringer, je grösser die Tiefe, bis zu welcher die Flut die Fundy-Bay füllt.

5. Die Theorie der atmosphärischen Wogen kann nicht die charakteristischen lokalen Perioden der Sekundärschwankungen erklären. Als Erklärung für ihre Entstehung scheint die Theorie der atmosphärischen Wellen im Widerspruche mit einigen Thatsachen.

6. Die »Seiche«-Theorie steht nicht im Widerspruche mit irgend einer festgestellten Thatsache und wird durch manche gekräftigt.

---

[1]) American Journal of Science 1901. 12. p. 123.

Aber wenn diese Theorie richtig ist, bleibt zu erklären, warum die Schwankungen an manchen Orten gewöhnlich binodal, an andern trinodal sind u.s.w., und warum in einem auffallenden Falle (Yarmouth) die Schwankungen stets uninodal bei der Flut und binodal während der Ebbe sind.

Transparenz und Farbe des Meerwassers. Während der Expedition der »Pola« hat J. Luksch eine grosse Anzahl (über 1100) Beobachtungen über Durchsichtigkeit und Farbe des Wassers im Mittelmeere, im Ägeischen und Roten Meere angestellt, die er nunmehr veröffentlicht.[1]) Zur Farbebestimmung diente die Forelsche Skala, bei der 0 reines Blau und 1, 2, 3 u. s. w. prozentuelle Beimischungen von Gelb bedeuten. Die Farbentöne 0 und 1 repräsentieren das blaue Wasser der Hochsee, die Farbentöne 2—5 das Küstenwasser. Die erstern nehmen im östlichen Mittelmeere weitaus den grössten Flächenraum ein, während sie im Ägeischen Meere auf ein verhältnismässig kleines Gebiet im Norden von Kreta beschränkt erscheinen. Im Roten Meere kommt die Farbe 0 überhaupt nicht vor, und selbst die Farbe 1 ist auf einen schmalen Streifen beschränkt, der sich beiläufig in der Mitte der Längenentwickelung in der Axe des Meerbusens befindet. Höhere Farbtöne als 5 wurden im offenen Meere nur ausnahmsweise beobachtet, so östlich von der Nilmündung 6—9 und im südlichen Teile des Roten Meeres 6—14. In Häfen, sowie in unmittelbarer Nähe der Korallriffe kamen allerdings noch höhere Töne vor, die sich aber nach der angewendeten Skala nicht mehr mit Sicherheit fixieren liessen.

Die Ursache der verschiedenen Färbung führt Luksch auf die Beimengung feiner suspendierter fester Teilchen, d. h. auf eine Trübung des Wassers zurück. Reines Wasser ist rein blau, während es umso ausgesprochener grün wird, je mehr die Menge der festen, suspendierten Bestandteile wächst.

Die Durchsichtigkeit des Meerwassers wurde meist mittels der »Scheibenmethode« untersucht. Dieselbe besteht bekanntlich darin. dass eine weisse Scheibe (im vorliegenden Falle von 50 *cm* Durchmesser) ins Wasser versenkt und die Tiefe bestimmt wird, in welcher sie dem Auge des Beobachters entschwindet (Sichttiefe). Diese Methode gestattet, die Anzahl der Beobachtungen ausserordentlich zu erhöhen, während bei Einhaltung der erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen ihre Genauigkeit vollkommen ausreicht, um sichere vergleichende Schlüsse zu gestatten, namentlich wenn, wie

---

[1]) Wissensch. Ergebnisse der Expedit. S. M. Schiff »Pola« No. 19. Denkschrftn. der Kais. Akad. der Wissensch. 1900. 69. Vgl. auch Mitt. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1901. p. 188 die Besprechung von Th. Fuchs, woraus oben der Text.

in dem vorliegendon Falle, die Beobachtungen alle von demselben Beobachter ausgeführt werden.

Im ganzen wurden mittels der Scheibe 389 Einzelbeobachtungen vorgenommen.

Die beobachteten Sichttiefen schwankten in den verschiedenen Meeresteilen und nach Massgabe der äussern Verhältnisse in ziemlich weiten Grenzen. Sie betrug im:

	Maximum	Minimum	Mittel
Östlichen Mittelmeere	60 *m*	21 *m*	39.8 *m*
Ägeïschen Meere	54 »	25 »	36.1 »
Roten Meere	51 »	3.6 »	24.6 »

Den grössten Einfluss auf die Sichttiefe übt die Farbe des Meerwassers aus. Das blaue Wasser No. 0 ist das durchsichtigste, und die Durchsichtigkeit nimmt regelmässig ab in dem Masse, als die Farbe sich dem hellen Grün nähert.

Sehr interessant und wichtig sind die Resultate, die Luksch über den Einfluss der Sonnenhöhe, sowie die Bewölkung auf die Sichttiefe gewonnen hat.

Es ergab sich, dass im Meerwasser sowohl der Sonnenstand als auch die Bewölkung einen sehr erheblichen Einfluss auf die Sichttiefe erkennen liessen, jedoch war dies nur im reinsten Wasser, welches etwa den Farbentönen 0—3 entsprach, deutlich der Fall. Bereits bei No. 4 zeigte sich der Einfluss sehr unbedeutend, um von 5 an allmählich vollkommen zu verschwinden.

Eine Vorstellung von dem Einflusse, den der Sonnenstand auf die Sichttiefe ausübt, giebt nachstehende Tabelle, welche sich auf das Ägeïsche Meer und auf die Wasserfarbe No. 2 bezieht:

Sonnenhöhe	
0°—10°	32 *m*
10°—20°	35 »
20°—30°	37 »
30°—40°	39 »
40°—50°	40 »
über 50°	41 »

Die Sichttiefe nimmt hiernach nicht einfach proportional der Sonnenhöhe zu, und ist bereits bei niederem Sonnenstande verhältnismässig ausserordentlich bedeutend.

Seit langer Zeit wird ein Einfluss des Salzgehaltes auf die Farbe und mithin auf die Durchsichtigkeit des Meerwassers behauptet; Luksch fand diese Behauptung bestätigt, indem unter sonst gleichen Verhältnissen salzreicheres Wasser sich regelmässig als durchsichtiger erwies als salzärmeres. Einen sehr eigentümlichen Einfluss scheinen die Jahreszeiten auf die Durchsichtigkeit des Meerwassers zu üben, indem das Wasser unter sonst gleichen Umständen und namentlich bei gleicher Farbe während der kühlern Jahreszeit stets eine erheblich grössere Transparenz zeigte.

So fanden sich im östlichen Mittelmeere zwischen Juli und September Differenzen der Sichttiefen von 11, 12 bis 16 *m*, und die mittlere Schwankung betrug 8.8 *m*. Im Ägeïschen Meere betrug die mittlere Differenz zwischen Juli und September 5.4 *m*, zwischen August und September 6.0 *m*. Die grösste beobachtete Differenz war im ersten Falle 13, in letzterem 12 *m*. Im Roten Meere wurden die Beobachtungen ausschliesslich im Winterhalbjahre von Oktober bis März gemacht, doch betrug auch hier die mittlere Differenz 5.5 *m* und zeigt eine Zusammenstellung zwischen Oktober und Dezember eine Differenz von 23 *m*.

Ausser Studien über die Farbe und Durchsichtigkeit des Meeres wurden auch Versuche über das Eindringen des Lichtes in das Meerwasser mittels photographischer Platten vorgenommen. Wegen der Umständlichkeit und Schwierigkeit dieser Untersuchungen war es jedoch nicht möglich, dieselben so oft durchzuführen, als es wünschenswert gewesen wäre, doch liegen immerhin 55 Einzelbeobachtungen vor, von denen 45 auf das östliche Mittelmeer, 6 auf das Ägeïsche Meer und 4 auf das Rote Meer entfallen.

Zur Beobachtung wurde anfangs der Chun-Petersensche Apparat verwendet, bei dem die Freilegung und Schliessung der lichtempfindlichen Platte mittels einer Propellervorrichtung erfolgt. Später wurde jedoch eine von Luksch verbesserte Vorrichtung benutzt, bei der das Öffnen und Schliessen mittels Fallgewichten bewirkt wird, eine Einrichtung, die sich auf das beste bewährte.

Für die Beurteilung der gewonnenen Farbentöne wurde die von Fol und Sarasin vorgeschlagene Skala angenommen, die sieben Intensitätsstufen der Lichtwirkung enthält, in der 0 den Mangel jeder Lichtwirkung, 6 die vollständige Schwärzung der Platte anzeigt. Die Expositionsdauer betrug in der Regel zehn Minuten. Die Ergebnisse derartiger Untersuchungen sind natürlich wesentlich von der Empfindlichkeit der angewendeten photographischen Platten bedingt.

Als Fol und Sarasin ihre Untersuchungen bei Nizza machten, vermochten sie Lichtwirkungen nicht tiefer als 400 *m* zu konstatieren.

Chun, der später empfindlichere Platten verwendete, konnte bei Neapel Lichtspuren noch bis über 500 *m* nachweisen, und Luksch gelang es, schwache, aber doch deutliche Lichtwirkungen noch bei 600 *m* festzustellen.

In Tiefen über 600 *m* waren die photographischen Platten immer vollkommen unverändert.

Der Einfluss der Meeresfarbe auf die Tiefe und Intensität der Lichtwirkung liess sich auch nach der photographischen Methode erkennen, den Einfluss der übrigen Faktoren zu studieren, reichten die gemachten Beobachtungen jedoch nicht aus.

Die Wärmeverteilung in der Tiefsee, mit besonderer Berücksichtigung des von der »Valdivia« gesammelten Materiales, behandelte Dr. G. Schott in einem Vortrage in der Ges. f. Erdkunde zu Berlin.[1])

Eine genaue Vorstellung der Wärmeverteilung ist nur an der Hand kartographischer Darstellungen zu gewinnen, und solche sind für die wissenschaftliche Publikation des die Ozeanographie behandelnden Bandes der Valdivia-Expedition hergestellt worden. Die Grundlagen dieser Karte bilden erstens etwa 500 Temperaturmessungen der »Valdivia«-Expedition an 51 Stationen, zweitens das gesamte sonst erreichbare Material von etwa 1100 weitern Temperaturreihen, die seit 1868 mit guten Instrumenten gemessen sind. Die Untersuchung musste auf den Atlantischen und Indischen Ozean beschränkt bleiben, da nur in diesen Ozeanen die Deutsche Tiefsee-expedition thätig gewesen ist.

»Eine genaue Betrachtung der Karten lehrt nun, dass man in der Tiefsee drei Schichten zu unterscheiden hat, deren jede einzelne durch besondere Eigenheiten der Wärmeverteilung kenntlich ist und ihre besondern, damit zusammenhängenden Bewegungsvorgänge aufweist:

1. In der obersten Schicht von 0—100 *m* Tiefe sind für die Temperaturverteilung horizontale Bewegungen der Wassermassen massgebend, wobei natürlich von den allgemein wirksamen Ursachen, wie direkter oder konvektiver Wärmeleitung u. s. w., abgesehen wird;
2. in der mittlern Schicht von 150—800 *m* Tiefe sind die meisten geographischen Besonderheiten der Wärmeverhältnisse nur durch vertikale Bewegungen erklärbar;
3. in der untern Schicht von 1000 *m* Tiefe ab bis zum Grunde in den grössten Tiefen kommen wieder wesentlich horizontale Versetzungen in Betracht.

Diese Tiefenzahlen haben nur als ungefährer Anhalt zu gelten; die Begrenzungsflächen der einzelnen Schichten gegeneinander liegen in den verschiedenen Ozeanen und Ozeanteilen in etwas verschiedenen Tiefen, wovon nachher noch etwas zu sagen sein wird.

In der obersten Schicht sind unter den »horizontalen Bewegungen« die Meeresströmungen im gewöhnlichen Sinne des Wortes zu verstehen. Der Verlauf der Isothermen in 50 und 100 *m* Tiefe ähnelt durchaus dem bekannten der Isothermen der Meeresoberfläche, nur dass stellenweise die Eigenheiten der Meeresströmungen noch schärfer unter der Oberfläche als in ihr selbst ausgeprägt sind.

Bei den vertikalen Bewegungen der mittlern Schicht hat man sowohl abwärts gerichtete anzunehmen, welche einen Wasseranstau, eine Anhäufung und Hinabführung von vergleichsweise warmem Wasser in die Tiefen bis zu rund 800 *m* veranlassen, als auch aufwärts gerichtete, die vergleichsweise kaltes Wasser bis nahe an die untere Grenzfläche der obern Schicht, ja in dieselbe hinein, bringen. Dabei denke man nicht an diejenigen Vorgänge, welche unter der unmittelbaren Wirkung des Windes oder Stromes zustandekommen, für die grössern Landseen oft nachgewiesen und auch für den Ozean unter dem Titel »das warme Anstauwasser der tropischen Luvküsten«, bezw. »das kalte Auftriebwasser der tropischen Leeküsten« mancherorts beschrieben sind; denn diese Verhältnisse sind, wie die neuen Karten zeigen, verhältnismässig sehr unbedeutende Erscheinungen und

[1]) Vhdlg. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1901. p. 226.

reichen nur stellenweise von der Oberfläche bis zu 200—300 m Tiefe. Vielmehr wird man sich Kompensationsbewegungen grossen, ja grössten Stiles vorstellen müssen, die gemäss der Kontinuität aller Wasserbewegungen auf jeder Halbkugel je einen grossen Vertikalkreislauf in vorwiegend meridionaler Richtung beschreiben. Den Anlass zur Systembewegung giebt der Umstand, dass die grossen Oberflächenströmungen mehr Wasser polwärts entführen, als dies äquatorwärts zurückgeführt wird, so dass in den mittlern Breiten von 30—60° Breite ein Anstau, in den äquatornahen Breiten ein Defizit von Wasser besteht; den Ausgleich bringt die Vertikalzirkulation, und sie wird uns erkennbar an dem wichtigsten und zugleich auffälligsten Charakterzuge der Wärmeverteilung der Tiefsee, wonach in den Tiefen von 150—800 m das Wasser der mittlern Breiten ausserordentlich viel wärmer ist (stellenweise um 8—10° C.!), als das Wasser der Äquatorialzone gleicher Tiefen.

Am krassesten sind diese abnormen Temperaturverhältnisse in dem Niveau von 400 m ausgeprägt; die Isothermenkarte dieser Schicht gleicht, äusserlich betrachtet, sehr einer Isobarenkarte, indem die Auftriebzone mit den niedrigen Wärmegraden dem Auflockerungsgebiete der äquatorialen Breiten entspricht, das Anstaugebiet der Rossbreiten mit den hohen Temperaturen aber dem Luftdruckmaximum mit absteigender Bewegungstendenz, und diese Ähnlichkeit lässt sich weiter in Einzelheiten, z. B. im Indischen Ozeane auf nördlicher Breite, verfolgen und vertiefen, selbstredend, ohne dass eine unmittelbare Ursache und Wirkung vorläge.

Die unterste Schicht ist die mächtigste, innerhalb deren zugleich die thermischen Unterschiede eine sehr weitgehende Ausgleichung finden. Dabei sind die hier anzunehmenden horizontalen Bewegungen im wesentlichen nichts weiter als die Verbindungsglieder der Auftrieb- und der Anstaubewegungen also integrierende Teile des Vertikalkreislaufes und somit in letzter Linie auch von den Oberflächenbewegungen abhängig; es ist unnötig, auf irgend welche andern Ursachen, wie Dichteunterschiede oder dergleichen zurückzugreifen. Dagegen ist es notwendig, anzunehmen, dass die horizontalen Unterströme nicht nur von den Tiefen der Südpolargewässer, sondern auch von den Tiefen der nordatlantischen und nordpazifischen Becken aus äquatorwärts ziehen. Bisher sprach man meist nur von einem »kriechenden antarktischen Bodenstrome«, aber die Eigenheiten der Temperaturverteilung der nordatlantischen Tiefsee verlangen einen horizontalen Unterstrom von Norden nach Süden gerade im Nordatlantischen Ozeane am allerdringendsten, weil hier der absteigende Ast des Vertikalkreislaufes besonders intensiv ausgeprägt ist und fast bis auf den Boden zu reichen scheint. Mit allen diesen Vorstellungen von der »säkulären Verschiebung des Tiefenwassers« (H. Wagner) stimmen gewisse Beobachtungen der »Ingolf«-Expedition, sowie neuere Schlüsse, die auf dem Vergleiche des äquatorialen Oberflächenplanktons mit den Bodensedimenten höherer Breiten aufgebaut sind, überein.«

Die nachstehende Tabelle ist aus den neuen Isothermenkarten in graphischer Interpolation und unter Mittelbildung aus den Werten vieler einzelner Schnittpunkte abgeleitet, so dass hier die allgemein gültigen, von Zufälligkeiten befreiten thermischen Zustände der Tiefsee zum Ausdrucke kommen dürften. Die Reihen I—III mit IV—V verglichen, lehren, wie viel kälter von 150 m an die äquatorialen Schichten im Vergleiche zu denen der höhern Breiten sind. Die Reihen I—III unter einander und die Reihen IV und V unter einander verglichen, zeigen, dass sowohl der Warmwasseranstau wie der Kaltwasserauftrieb im Nordatlantischen Ozeane seine vergleichsweise grösste Intensität erreicht, dass dagegen der Südatlantische Ozean den Vertikalkreislauf am schwächsten ausgebildet hat, während der Südindische Ozean eine mittlere Stellung in dieser Beziehung einnimmt.

Mittelwerte ° C.

Tiefe in m	Zone hoher Wärmegrade			Zone niedr. Wärmegrade	
	I	II	III	IV	V
	Nordatlant. Ozean 30° Br.	Südatlant. Ozean 30° Br.	Südindisch. Ozean 30° Br.	Atlantisch. Ozean Äquator	Indischer Ozean Äquator
0	22.7	19.5	20.0	26.0	27.8
50	20.9	18.0	19.0	21.8	27.0
100	19.6	17.3	18.9	16.3	24.3
150	18.6	15.8	17.4	13.6	17.1
200	17.9	14.4	15.0	13.3	14.5
400	15.8	11.4	12.5	8.1	10.3
600	13.0	7.7	10.6	5.4	8.9
800	9.8	5.2	8.3	4.7	7.5
1000	7.6	3.9	5.5	4.4	6.2
2000	3.9	2.8	2.5	3.5	2.7
3000	3.1	—	—	2.7	—

»Neben den grossen Charakterzügen der Wärmeverteilung in der Tiefsee, welche auf Bewegungsvorgänge erster Ordnung zurückzuführen sind, ist auch die Ausbildung lokal oder zeitlich beschränkter Wärmeverhältnisse sekundären Charakters zu erkennen, die ihrerseits meist auf dem Spiele kleinerer, den grossen superponierten Bewegungen beruhen.

Ausser dem Windanstau und dem Windauftriebe kann in dieser Hinsicht zunächst die Ausbildung einer Sprungschicht in den meisten der tropischen Meere genannt werden. Wenn man, wie aus einer auf alle drei tropischen Ozeane ausgedehnten Prüfung der Verhältnisse als sachgemäss hervorgeht, einen Temperaturgradienten von 2° C. auf je 25 *m* Tiefenintervall zum Schwellenwerte für das Vorhandensein einer ozeanischen Sprungschicht festsetzt, so findet man weiter aus dem vergleichsweise sehr dürftigen Materiale — für solche eingehendern Untersuchungen müssen Messungen von Tiefentemperaturen in sehr kleinen Tiefenabständen gemacht sein —, dass Sprungschichten zu allen Jahreszeiten in allen drei Ozeanen vorkommen, nicht bloss im Indischen Ozeane. Ein Wärmeabfall von 0.8° C. auf 1 *m* stellt das bisherige Maximum der Intensität einer ozeanischen Sprungschicht dar, und man kann also vielleicht auf je 1 *m* 1° C. als künftig noch feststellbares, ungefähres absolutes Maximum ansehen. Hieraus ergiebt sich somit, dass das, was im Ozeane das Maximum ist, in den grossen Süsswasserseen der Festländer fast erst dem Minimum der Erscheinung entspricht, dass also jedenfalls ein sehr grosser gradueller Unterschied statthat. In Bezug auf die Tiefenlage ist mit ziemlicher Sicherheit zu sagen, dass die mittlere Tiefe der Sprungschicht

im Atlantischen Ozeane zwischen	25— 80	*m*,
„ Indischen „ „	90—140	„
„ Stillen „ „	110—180	„

liegt.

Indem man in der Hauptsache weder die direkte, noch die konvektive Wärmeleitung für diese Erscheinung im Ozeane verantwortlich machen kann, sieht man die Möglichkeit, durch Strömungsunterschiede, vorwiegend durch Intensitätsdifferenzen des aufwärts gerichteten Astes des Vertikalkreislaufes, die Verhältnisse einigermassen — wenn auch nicht in allen Punkten — zu verstehen.

Ein weiterer, auffälliger Charakterzug zweiter Grössenordnung ist die Ausbreitung warmen Wassers nicht bloss vor der Gibraltarstrasse, sondern

auch im Adengolfe und im ganzen nördlichen Arabischen Meere; für die erstere Gegend gilt die abnorme Erwärmung von rund 600—2000 *m* Tiefe, für die zweite von 150—3000 *m*. Die gleichzeitige Untersuchung des Wassers in Bezug auf den Salzgehalt macht es zweifellos, dass man es mit einer Unterströmung von Mittelmeerwasser, bezw. von solchem aus dem Roten Meere zu thun hat; die neuen Beobachtungen der »Valdivia« lassen hierüber keinen Zweifel.

Die thermischen Verhältnisse der südpolaren Gewässer verdienen besondere Beachtung. Die Beobachtungen der »Belgica«, der »Valdivia» und des »Challenger« ordnen sich gut von Westen nach Osten aneinander an und sind jetzt näher diskutiert worden.

Unter Heranziehung auch der Dichte- und Salzgehaltswerte lässt sich sagen, dass — wenn allgemein die geographische Breite von rund 60° s. Br. in Betracht gezogen wird — unter den Längen von Kap Horn im Westen und von Terminationland im Osten — obenauf eine Schicht warmen Wassers liegt, das mehr oder weniger direkt in irgendwelchen Oberflächenströmen aus niedern Breiten gekommen sein muss; die Schicht ist bei Kap Horn 50 *m*, im Meridian von Terminationland etwa 25 *m* dick. Dagegen reicht in den Meridianen der Bouvetinsel und des Enderbylandes das kalte südpolare Wasser unmittelbar bis zur Oberfläche; denkt man sich die warme Schicht für die Kap Horn- und Terminationstationen weg, so haben wir allerorts die gleiche, nämliche katotherme Temperaturschichtung, die allen wahrhaft polaren Gegenden eigen ist.

In der Region der Bouvetinsel müssen abkühlende Einflüsse von ganz enormer Mächtigkeit und Intensität eine Rolle spielen; dagegen kann man für die Gewässer in der Umgebung von Terminationland einen günstigen Zustand mit vergleichsweise hohen Temperaturen feststellen; nirgends scheint auf gleicher südlicher Breite die kalte Schicht mit Wärmegraden unter 0° C. so wenig mächtig zu sein wie gerade dort.

Wassertemperatur und Salzgehalt des Nordatlantischen Ozeans im Sommer 1900 während der Expedition der „Michael Sars“. Ein vorläufiger Bericht über die Ergebnisse dieser Expedition hat Fridtjof Nansen veröffentlicht.[1]) Die zu den Messungen benutzten Instrumente waren in jeder Beziehung vorzüglich, und Nansen betont, dass Untersuchungen über Temperatur und Dichte des Wassers in grösserer Tiefe des Nordatlantic nur Wert haben, wenn die genaueste Messungsmethode erprobt worden, da die Änderungen der Temperatur und des Salzgehaltes selbst in geringerer Tiefe nur unbedeutend sind und leicht durch die Beobachtungsfehler verdeckt werden. Die Fahrt dauerte vom Juli bis September 1900 und ging vom Geiranger Fjord in Norwegen nach Island, dann nach Jan Mayen, hierauf zu den Lofoten, dann zur Bäreninsel und zurück zu den Lofoten. Die Oberflächentemperatur des Meeres war damals längs der norwegischen Küste und gegen die Bäreninsel hin niedriger, östlich und nördlich von Island dagegen höher als in den Sommern 1876—1878, 1896—1898, und dieser Umstand erklärt den rauhen Herbst und Winter des Jahres 1900 in Norwegen. Was den Salzgehalt des Wassers anbelangt, so sind die Einzelheiten der frühern Expedition nicht genau genug, um sichere Schlüsse zu gestatten. Es

[1]) Nyt Magazin for Natorvidenskaberne 39. p. 129.

scheint jedoch, als ob die Unterschiede im Salzgehalte an derselben Stelle und in denselben Tiefen des norwegischen Meeres von einem Jahre zum andern kleiner sind als die Unterschiede in den Temperaturen. Man kann dies so erklären: Wenn der Golfstrom in einem Jahre mit geringerer Geschwindigkeit fliesst als im andern Jahre, können seine Wasser nahezu ihren Salzgehalt behalten, während ihre Temperatur durch Wärmeausstrahlung und Leitung mehr erniedrigt sein wird. Es kann daher sein, dass die Temperaturen mehr Aufschluss über die Änderungen in den Strömungen geben, als der Salzgehalt. Schliesslich kommt Nansen zu folgendem Schlusse: Der Golfstrom hatte längs der norwegischen Küste und nach der Bäreninsel hin im Juli, August und September 1900 geringere Geschwindigkeit als gewöhnlich, und sein Wasser war relativ kalt. Anderseits waren die atlantischen, nordwärts ziehenden Ströme längs der Ost- und Westküste von Island stärker entwickelt als gewöhnlich und relativ warm. So kann es sein, dass täglich die regelmässige Menge warmen Wassers aus dem Atlantic in das norwegische Ostgrönlandbecken geführt wurde, nur hatte es einen mehr westlichen Lauf genommen als gewöhnlich; der ostgrönländische Polarstrom mag in seinem gewöhnlichen Laufe etwas gestört gewesen und der ostisländische Polarstrom vielleicht mehr ostwärts verschoben sein, während gleichzeitig das Polarwasser in der Nähe der Bäreninsel eine grössere Ausbreitung als gewöhnlich hatte. Eine Folge hiervon scheint gewesen zu sein, dass Island oder auf jeden Fall seine Westküste ein ungewöhnlich günstiges Klima im Sommer 1900 hatte, während Nordnorwegen ungewöhnlich rauhe Witterung hatte.

Bezüglich der vertikalen Verteilung des Salzgehaltes und der Dichte im norwegischen Meere ergeben die Untersuchungen, dass die Änderungen viel regelmässiger und allmählicher sind, als man früher angenommen hatte. Sie beweisen ferner, dass die Dichte des Wassers im norwegischen Meere mehr von seiner Temperatur als vom Salzgehalte abhängt. Gleichzeitig lehren indessen die Durchschnitte, dass es von grosser Wichtigkeit ist, das spezifische Gewicht wie die Temperatur des Wassers mit dem höchsten Grade von Genauigkeit zu bestimmen, da schon geringere Ungenauigkeiten in Bezug auf die tiefern Schichten zu sehr irrigen Schlüssen über den Kreislauf im Meere führen können.

Die Wasserzirkulation im Nordatlantischen Ozeane wurde auf Grund aller vorhandenen Beobachtungen und Untersuchungen von Dr. O. Petterssen in ihren Einzelheiten und im Zusammenhange derselben kritisch dargestellt.[1]) Die wichtigste Wasserbewegung in diesem Teile des Ozeans bildet der warme Golfstrom und die Golfstromtrift. Der Hauptteil des erstern reicht bis zu den Azoren und

[1]) Petermanns Mitteilungen 1901.

dem Passatgebiete und umkreist das sogenannte Sargassomeer. Nördlich davon findet in gewaltiger Breite eine Bewegung warmer atlantischer Wasser gegen Norden und Nordosten statt, die sogenannte Golfstromtrift. Sie erstreckt sich im allgemeinen nur auf die oberflächlichen Schichten des Atlantischen Meeres und verdankt ihre Bewegung im grossen und ganzen den vorherrschenden Südwestwinden. Gegen Norden hin breitet sie sich fächerförmig in mehrere Warmwasserzweige aus, von denen jeder nach einer der vier Meerengen gerichtet ist, die den Nordatlantic mit dem Polarmeere verbinden, nämlich: die Davisstrasse, den Dänemarksund, die Meerenge zwischen Island und den Färörn und die Shetland-Färörinne. Die Gestaltung des Meeresbodens spielt bei der Wasserbewegung im Nordatlantic eine grosse Rolle und beeinflusst in hohem Grade Richtung, Geschwindigkeit und Mächtigkeit der Strömungen. Im grossen und ganzen zeigt der Nordatlantic vier tiefe Becken oder Mulden, von denen die beiden westlichen durch den untermeerischen Reykjanesrücken, von den östlichen, welche das eigentliche Golfstromgebiet bilden, getrennt sind. Die britischen Inseln werden vollständig von warmem Golfstromwasser umflutet, selbst durch den englischen Kanal dringt in allen Monaten des Jahres warmes, salzreiches Wasser in die Nordsee. Von den beiden Armen der westatlantischen Strömung fliesst der eine gegen die Mündung der Davisstrasse bis 55° nördl. Br. an der Oberfläche, dann als Unterströmung, die das Eis des kalten Polarstromes in der Davisstrasse zum Teil schmilzt und dort eine ähnliche Rolle spielt, wie der Golfstromarm im nördlichen Eismeere westlich von Spitzbergen. Das ungleich zahlreiche Auftreten von Eis in der Davisstrasse in verschiedenen Jahren rührt vielleicht von Unregelmässigkeiten des grönländischen Polarstromes her, doch erinnert Dr. Petterssen daran, dass der Zustand in der Davisstrasse und der Baffinsbai auf mehrern Faktoren beruht, von denen die mächtigere oder schwächere Ausdehnung des Polarstromes nur einer ist. Nicht minder wichtig, aber jetzt noch verborgen, ist die Entwickelung des atlantischen Unterstromes, denn infolge seines Wärmegehaltes schmilzt das Eis von unten. Dass das Grundwasser in dem westlichen Teile des Atlantic kälter und weniger salzreich ist, als auf der europäischen Seite, erklärt Petterssen durch das Herabsinken der infolge von Eisschmelze und Kontakt mit dem Polarstrome am meisten erkaltenden Wasser auf den Meeresboden, wo sie sich südwärts hin ausbreiten. An der europäischen Seite reichen die warmen Wasser bis auf den Meeresgrund, und ebenso findet sich dort ein grösserer Salzgehalt, aus Ursachen, die noch nicht ganz klargestellt sind. Im allgemeinen spielt sich nach Petterssens Auffassung die Wasserzirkulation des Nordatlantic in der Weise ab, dass das Golfstromwasser als Unterstrom entlang den tiefen Rinnen und Mulden des Meeres nach den westlichen und nördlichen Teilen und sogar unter die Eisdecke des

Polarbeckens und des grönländischen Meeres gezogen wird, wo es das Abschmelzen des Polareises bewirkt, und weiterhin einerseits ein mächtiger Oberflächenstrom, der ostisländische Polarstrom, anderseits eine kalte Tiefwasserschicht entsteht, welche die Tiefe des Eismeeres bis zur Höhe der untermeerischen Bodenschwellen erfüllt. Der ostisländische Polarstrom bewegt sich gegen diese Schwellen, wo er dem Golfstrome begegnet, und findet für einen Teil seiner Wassermassen über dem Färö-Islandrücken unter dem Golfstromwasser Abfluss in die atlantischen Meerestiefen, während der andere Teil sich längs der Nordseite der Schwellen bewegt und im Sommer als Unterstrom, im Winter sogar als Oberflächenstrom die norwegische Rinne und das Nordseeplateau erreicht und in seinen letzten Ausläufen sich im Kattegat verliert. Die Triebkraft der Unterströme liegt nach Petterssen im Vorgange des Eisschmelzens. Die Zirkulation der Wasser im Nordatlantic ist indessen nicht unveränderlich, sondern unterliegt periodischen und unregelmässigen Schwankungen, entsprechend dem Ausgange des Konfliktes zwischen dem Golfstrome und dem Polarstrome, und dieser Konflikt reicht von der arktischen bis in die heisse Zone. Unterwegs überlagern sich diese Strömungen wechselseitig; in südlichen Breiten liegt der warme Golfstrom über dem arktischen Wasser, in nördlichen hat der Polarstrom die Oberhand. Die Überlagerung aber ist lediglich eine Folge der Temperaturverhältnisse.

Untersuchungen von Grundproben des östlichen Mittelmeeres haben Prof. Fr. Berwerth und Dr. Jan de Windt ausgeführt.[1]) Diese Proben wurden gesammelt auf der 1., 3. und 4. Reise der »Pola« 1890, 1892 und 1893.

Im ganzen standen 55 Grundproben zur Verfügung, deren Untersuchung nach den gleichen Methoden durchgeführt wurde, wie sie von Murray und Renard bei Untersuchung der ozeanischen Sedimente in Anwendung kamen.

In Hinsicht auf die Verteilung von kalkhaltigem Schlamme im östlichen Mittelmeere hat sich ergeben, dass zwei Hauptzonen zu unterscheiden sind. Eine verhältnismässig schmale Zone liegt im Norden des Nildelta und erstreckt sich längs der syrischen Küste weit nach Norden. Diese Zone ist in ihren Ablagerungen durch Armut an kalkhaltiger Materie gekennzeichnet, indem der Gehalt an Calciumcarbonat zwischen 5 und 15 Proz. der Gesamtmasse schwankt. In die zweite Zone fällt der ganze übrige Teil des östlichen Mittelmeeres. Sie ist durch eine grosse Beständigkeit in der Führung von Calciumcarbonat ausgezeichnet, dessen Gehalt im Mittel 60—62 Proz. beträgt, mit einer Abweichung von 20 Proz. über und unter diesem Mittel. Um die Ursachen in der Abweichung des

---

[1]) Sitzber. der math.-naturw. Klasse d. k. k. Akad. in Wien 1901. 20.

Kalkgehaltes kennen zu lernen, ist zunächst festzustellen, dass die Ergebnisse im östlichen Mittelmeere mit der Ansicht von Murray, wonach mit zunehmender Tiefe eine fortschreitende Abnahme des Calciumcarbonates zu gewärtigen sei, im Widerspruche stehen. Dieser Widerspruch wird dann noch durch folgende Thatsachen verschärft, da nachgewiesen wurde, dass von Erhärtung des Schlammes herrührende Krusten, die zum Teile aus sehr grossen Tiefen stammen, durchweg an Calciumcarbonat reicher sind als der sie umgebende Schlamm. Ferner lässt sich auch die stoffliche Zusammensetzung der Ablagerungen mit Murrays Auffassung nicht vereinigen. An Sedimentproben, aus 200 *m* Tiefe stammend, wurde nämlich ein gänzliches Verschwinden der Pteropodenschalen beobachtet, während in Proben aus 1750 *m* Tiefe reichlich gut erhaltene Pteropodenschalen angetroffen wurden.

Bei der Verteilung des Kalkgehaltes scheint also weniger die Tiefe eine Rolle zu spielen, als vielmehr die jeweilige Raschheit, mit der sich die Ablagerung vollzieht.

Eine Bedeutung zweiter Ordnung hat dann die Entfernung der Küste auf die Kalkführung. Aus der Zusammenfassung der Beobachtungen geht hervor, das Murrays Theorie auf das östliche Mittelmeer nicht anwendbar ist.

An der Zusammensetzung der Sedimente beteiligen sich dann verschiedene kieselhaltige Organismen und folgende Minerale, nach dem Mengenverhältnisse geordnet: Quarz (circa 90—95 Proz.) monokline und trikline Feldspate, Glaukonit, von Amphibolen braune und grüne Hornblende und Glaukophan, Magnetit, Granat, Apatit, Zirkon, Turmalin, Chlorit, Calcit, Augit Korund, Picotit, Olivin, Hämatit, Kohlenpartikel, und von Gesteinsfragmenten Marmor, Bimsstein und vulkanisches Glas.

Die Gesamtmasse der Sedimente besteht demnach aus folgenden Elementen:

1. Aus kalkreichen organischen Überresten (kleinen Mollusken und Foraminiferen).

2. Aus Fragmenten kieselhaltiger Organismen (Spongiarien und Radiolarien, auch Kieselplättchen organischen Ursprunges).

3. Aus verschiedenen Mineralen und Gesteinsfragmenten. Die Minerale sind in ihrer vorwiegenden Menge als Abkömmlinge aus alten krystallinischen Schiefern aufzufassen.

4. Aus einem Niederschlage, der mikroskopisch nicht genau bestimmbar ist und den grössten Teil des Schlammes ausmacht. Er besteht aus einem kalkigen Teile (zerriebenen Mollusken- und Foraminiferenschalen) und einem thonigen Teile.

Die Zusammensetzung des Bodens in grossen Meerestiefen ist von J. Thoulet untersucht worden auf Grund von 60 Analysen von Bodenproben, welche der Fürst von Monaco im

atlantischen Ozeane zwischen den Azoren, der afrikanischen und der spanisch-französischen Küste gesammelt hat. Die Tiefe, aus der die Proben stammen, variierte zwischen 690 und 8580 *m*. Thoulet unterscheidet groben, mittlern, feinen und sehr feinen Sand, sowie Schlamm. Kies kommt in diesen Tiefen nicht vor, während derselbe in geringen, 100 *m* nicht überschreitenden Tiefen fast überall verbreitet ist. In diesen seichtern Regionen sind ·aber die Sandkörner von verschiedener Grösse sehr unregelmässig verteilt, und während Schlamm äusserst selten ist, besteht der Boden hauptsächlich aus feinen und sehr feinen Sanden. In grössern Tiefen herrscht dagegen der Schlamm vor, nächst welchem sehr feine Sande reichlicher vorhanden sind, feine, mittlere und grobe Sande dagegen zurücktreten; doch betont Thoulet, dass nirgends eine Beziehung zwischen dem Mengenverhältnisse der Sandkörner oder des Schlammes und der Tiefe nachzuweisen ist.

Die vom Festlande stammenden groben, mittlern und feinen Mineralkörner, die nicht aus Kalk bestehen, entfernen sich nicht weit von den Küsten; dagegen sind die sehr feinen und besonders die überaus feinen Körner (von weniger als 0,1 *mm* Durchmesser) gleichförmig über den ganzen Boden des Ozeans verteilt. Die mechanische Abrasion durch die Wellen vollzieht sich längs der Küsten, wo das Meer seicht ist, die hierbei entstandenen feinen Teilchen aber werden vom Wasser sofort weithin fortgetragen.

In geringen Tiefen nimmt der Kalkgehalt in dem Masse ab, als der Sand an Feinheit gewinnt; in grossen Tiefen ist er ziemlich gleichmässig bei groben, mittlern und feinen Sanden; verringert sich in den sehr feinen Sanden und besitzt den geringsten Betrag im Schlamme; aber je tiefer der Schlamm liegt, desto reicher ist er an Kalk. Nach dem Ergebnisse der Analysen wächst die gesamte Mengenbeteiligung des Kalkes mit der Tiefe; wahrscheinlich ist diese Zunahme nur scheinbar von der Tiefenlage abhängig und rührt in Wahrheit von andern Ursachen her, gleichwohl widersprechen, wie schon oben hervorgehoben wurde, die gefundenen Zahlen der so oft formulierten Hypothese von einem Verschwinden des Kalkes von einer gewissen Tiefe ab.

Aus gewissen, allerdings seltenen Fällen lässt sich schliessen, dass die Mineralkörner von Kalk umhüllt und durch ihn vergröbert werden, indem sich der Grad der Feinheit der Körner einer Ablagerung bei Behandlung mit Säure erhöht. Daraus dass der Kalkgehalt der Bodenproben keine Beziehung aufweise weder mit der Tiefenlage, noch, wenigstens im allgemeinen, mit der Entfernung von der Küste, folgert Thoulet, dass der vorgefundene Kalk nicht klastischer oder deuterogener Natur, sondern chemischer Niederschlag und besonders von organischer Bildung ist. Thoulet gelangt zu dem Schlusse, dass die Zusammensetzung des Meeresbodens in Beziehung steht zu den Oberflächenerscheinungen, und dass in der

Hydrosphäre ebenso wie in der Litho- und der Atmosphäre die Zone der Veränderlichkeit und Thätigkeit beschränkt ist auf eine Kalotte, die je nach der Örtlichkeit mehr oder minder grosse, aber verhältnismässig geringe Dicke besitzt und die ganze Oberfläche des Erdsphäroids umfasst. Jenseits einer gewissen Grenze vermindern sich die Abänderungen jeder Art mehr und mehr, um sich schliesslich aufzuheben in dem Masse, dass ein permanentes Gleichgewicht hervorgeht.[1])

Über Aufsteigen und Sinken der Küsten in historischer Zeit verbreitet sich R. J. Günther.[2]) Er verweist auf die im Golfe von Neapel unter Wasser liegenden Ruinen zweifellos römischer Bauwerke, die sich dem Posillipokage und der Bucht von Bajä entlang ausdehnen und zum Teil zwar vielleicht Wasserbauten darstellen, zumeist jedoch ehedem auf dem festen Lande gestanden haben. Bei ruhigem Wasser sieht man dort in einer Tiefe von wenigen Fuss ganze Strassenzüge, Treppen, Thorwege und Durchgänge, die versunken sein müssen. Günther meint, dass eine sorgfältige Aufnahme und Untersuchung dieser unterseeischen Gebäude möglicherweise Anhaltspunkte für die dortigen Küstenveränderungen seit der römischen Zeit liefern könnte; ja er ist überzeugt, dass sich dabei noch so viele Thatsachen über die ehemalige Ausdehnung des Meeres ergeben würde, dass man daraus mit annähernder Genauigkeit den Verlauf der Küstenlinie der Phlegräischen Felder in römischer Zeit feststellen könnte. Die Untersuchung müsste jedoch bald erfolgen, da die Winterstürme die Ruinen mehr und mehr zerstören, und der fortschreitende Bau von Uferbefestigungen die Verhältnisse ebenfalls verwischt.

Schwankungen des Seespiegels. H. W. Pearson hat[3]) mit grossem Fleisse die geschichtlichen Angaben über den Höhestand des Meeresspiegels in den verschiedenen Erdregionen gesammelt und glaubt, dass in dem Niveaustande des Ozeans eine Periode von 640 Jahren Dauer zu erkennen sei. Er findet, dass um 250 v. Chr. ein Hochstand der Meere statt hatte, im Jahre 80 unserer Zeitrechnung ein Tiefstand; dann folgten Hochwasserstände um die Jahre 350, 875, 1475, Tiefwasserstände um die Jahre 600, 1150, 1800. Es ist also regelmässig einem Hochwasserstande nach je 320 Jahren Tiefwasserstand, darauf nach weiter 320 Jahren wieder ein Hochwasserstand u. s. w. gefolgt. Die Schwankung selbst erklärt Pearson durch eine Oscillation der Meere zwischen Pol und Äquator. Dieser Schlussfolgerung muss man billig misstrauen, denn das Material, auf welche sie sich aufbaut, ist viel zu lückenhaft und unsicher, um zu sichern Ergebnissen führen zu können.

---

[1]) Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1901. Heft 8 p. 135.
[2]) Scott. Geogr. Mag. 1900. p. 605. Globus 78. p. 363.
[3]) The Geol. Mag. 1901. 7. p. 167. 223. 253.

Veränderungen an der Nordseeküste, die während der geschichtlichen Zeit eingetreten sind, hat Dr. Kretschmer untersucht. Seine Mitteilungen in der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin beziehen sich vorzugsweise auf das Mündungsgebiet der Ems und der Jade. Schon Drusus und Germanicus haben die Mündung der Ems aufgesucht, und Plinius beschreibt die Ebbe- und Fluterscheinungen und schildert das Wattenmeer mit seiner abwechselnden Wasserbedeckung. Von den Anwohnern sagt er, dass sie auf hügelartigen Erhebungen, den Wurten, sich angesiedelt hätten. Die grösste dort vorhandene Insel war Fabaria, die Bohneninsel, auch Borcana genannt, unser heutiges Borkum. Zur Zeit Karls des Grossen hiess sie Bant, doch hingen damals noch die Inseln Juist und Norderney damit zusammen, und südwärts war zwischen ihr und dem Festlande nur ein schmaler Kanal. Zum letzten Male wird Bant als zusammenhängende Insel um das Jahr 1100 erwähnt, später haben Sturmfluten sie in fünf Inseln zerrissen. Einen Hauptanteil daran hatte jedenfalls die schreckliche Marcellus-Flut am 16. Januar 1362, denn 1398 werden die einzelnen Inseln bereits erwähnt. Der heutige Dollart ist auch erst in geschichtlicher Zeit entstanden. Vor 1277 war dort noch Festland, und ein Deich schloss die Ems ab, welche nordwärts einen Bogen beschrieb und bei Emden vorbei floss. Im Januar 1277 fand ein Deichbruch statt, und in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts folgte ein zweiter Einbruch der See, durch welchen 32 Ortschaften vernichtet wurden. Weitere Sturmfluten ereigneten sich, bis zu Anfang des 16. Jahrhunderts die heutige Gestalt des Dollart im wesentlichen sich ausgebildet hatte. Die Weser muss in vorgeschichtlicher Zeit in einen grossen Meerbusen abgeflossen sein, der aber allmählich durch Sinkstoffe zugebaut wurde. Es entstand ein grosses Delta, welches den ganzen Raum zwischen Jade und der heutigen Wesermündung umfasste. Diese Teilarme der Weser waren bis zum 16. Jahrhunderte noch vorhanden und sind erst durch Menschenhand beseitigt worden. Bei Elsfleth ging z. B. ein schiffbarer Arm der Weser nach Nordwesten, die sog. Lienen, welche sich mit der Jade vereinigte, und die (vor dem Jahre 1500) künstlich zugedämmt wurde. Ein anderer Arm verliess bei Brake die Weser in der Richtung auf den Jadebusen hin; er war 1531 bereits zugefüllt. Ein dritter, breiter und schiffbarer Weserarm zwischen Stad- und Butjadingerland hiess die Heete und war um die Mitte des 15. Jahrhunderts schon abgedämmt. Die Gestaltung der Küstenlinie im Jade-Wesergebiete ist durch die Sturmfluten ausserordentlich verändert worden. Seit dem 11. Jahrhunderte liegen hierüber Nachrichten vor. Nach Kretschmer scheinen besonders die Fluten am 17. November 1218 und die sogenannte Eisflut am 17. Januar 1511 von Einfluss gewesen zu sein. Stets aber wurden, den Elementargewalten trotzend, die Deiche wieder neu hergestellt. Der letzte grosse Einbruch der See geschah Weihnachten 1717, seit-

dem sind die Deiche wesentlich verstärkt und erhöht worden, und die heutige Küstenlinie ist lediglich durch Deiche fesgelegt, d. h. ein künstliches Produkt.

Landgewinnung an der Westküste Schleswig-Holsteins. An der Westküste Schleswig-Holsteins werden seit einigen Jahren Landgewinnungsarbeiten betrieben, die von sehr grosser Bedeutung sind. Das Ziel dieser Arbeiten ist nichts geringeres als das ganze Gebiet, in dem die schleswigschen Nordseeinseln gelegen sind, dem Meere abzugewinnen und zu einem weiten Felde fruchtbaren, kultivierten, gegen die See geschützten Marschlandes zu machen. In früherer Zeit hat das Festland Schleswig-Holstein sich etwa fünf Meilen weiter westwärts erstreckt. Verheerende Sturmfluten haben den fruchtbaren Boden fortgerissen, und die jetzigen Watten sind nichts anders als das vom Meere geraubte Marschland. Die Landgewinnungsarbeiten bestehen in Vorkehrungen, durch welche der längs der Küste und zwischen den Inseln und Halligen hindurch streichende Strom des mit der Flut auflaufenden Meeres unterbrochen, dasselbe zum Stillstande und damit zum Absetzen der mitgeführten Sinkstoffe gebracht wird. Das geschieht zunächst in der Weise, dass die im Wattenmeere liegenden, unaufhörlich von der See benagten Inseln und Halligen durch Steindossierungen gegen weitern Abbruch geschützt und dann allmählich feste Dämme von Insel zu Insel oder von Insel zum Festlande geschlagen werden. Je mehr Dämme das Wattengebiet durchziehen, desto geringer wird der Strom des Flutwassers, desto sicherer werden die einzelnen Dämme, und desto rascher erfolgt die Verlandung. Wenn man bedenkt, dass jedes Hektar gewonnenen Marschlandes einen Wert von 2000 bis 3000 M vorstellt, und im ganzen etwa 250 000 *ha* Land zu gewinnen sind, so wird man die Bedeutung dieser friedlichen Landerwerbungsarbeiten ungefähr schätzen können.

Fjordbildungen. Über die Ergebnisse seiner Studien an Fjorden in Norwegen, Alaska und Patagonien hat Otto Nordenskjöld eine Abhandlung veröffentlicht.[1]) P. Dinses morphogeographische Studien [2]) über Fjordbildungen werden von Nordenskjöld nach Verdienst gewürdigt, doch legt derselbe auf die Muldenform der Fjords grösseres Gewicht und betont, dass alle Fjorde ohne Ausnahme, wenn sie über die Meeresoberfläche gehoben wären, sich als Seen oder Systeme von Seen darstellen würden. Eine innige Beziehung zwischen den Fjorden

---

[1]) Bulletin of Geolog. Inst. of the University Upsala Nr. 8. Auszug daraus in Potoniés naturwissenschaftlicher Wochenschrift. 1901. Heft 6, p. 268, wonach oben der Text.

[2]) S. dieses Jahrbuch 1894. 5. p. 177.

und den in der Verlängerung der Fjorde liegenden Fjordseen, welche sowohl im Längs- als im Querprofile dieselben Reliefverhältnisse wie die Fjorde aufweisen und bei einer unbedeutenden positiven Strandlinienverschiebung selbst Fjorde bilden würden, ist unverkennbar. Gewisse typisch ausgebildete Felsenbecken, welche ganz oder teilweise leer sind, weil spätere Erosion den Thalriegel an einer Stelle durchgesägt hat, ferner die sog. Randseen, welche man in sehr vielen Gebirgsgegenden im Grenzgebiete gegen die Ebenen trifft, schliessen sich durch äussere Begrenzung und durch ober- und unterseeische Reliefverhältnisse an die Fjorde an. Jene Randseen sind nach Ramsays von Penck geteilter Auffassung wenigstens teilweise durch die Erosion ehemaliger Gletscher ausgehöhlt worden. Damit stimmt überein, dass alle echten Randseen in Gegenden liegen, welche einst mit Eis bedeckt waren, wie auch die Fjorde in allen an Meeresbecken grenzenden Gebirgsgegenden auftreten, wo Gletscher einst bis an das jetzige Meeresniveau reichten, und wirkliche Fjordgebiete nur in solchen Gegenden vorkommen.

Bei Einteilung der Fjorde unterscheidet Nordenskjöld:

A. Beckenförmige Einsenkungen der untermeerischen Küstentafel.

B. Fjorde der Gebirgsgegenden.

- I. Fjorde der Faltungszone.
  - 1. Radialfjorde:
    - a) das Fjordthal läuft dem Streichen parallel,
    - b) das Fjordthal überquert die Streichrichtung,
    - c) Fjorde in massigen Gesteinen.
  - 2. Parallelfjorde und Parallelstrassen (Kanäle).
- II. Fjorde in Gegenden mit wenig metamorphosierten, bankförmig lagernden Gesteinen (Finmarktypus).

C. Fjorde des niedrigen Rumpflandes.

Auf der der skandinavischen Halbinsel vorgelagerten unterseeischen Küstentafel haben die Lotungen viele unterseeische Becken nachgewiesen, welche immer in der Nähe der Küstenlinie liegen, deren Entstehung jedoch in manchen Beziehungen rätselhaft ist, so dass Nordenskjöld sie nur mit Zweifeln zu den Fjordbildungen rechnet, obwohl sie zahlreiche Analogien mit diesen aufzuweisen haben. Derartige Einsenkungen kommen fast überall vor der norwegischen Küste vor, namentlich zwischen dem Sognefjord und dem Westfjord. Auch die »Norwegische Rinne« darf nicht ohne weiteres als Fjord aufgefasst werden, obwohl sie auf den ersten Blick als ein grosser Fjord erster Ordnung erscheint, von dem alle Fjorde des südlichen Norwegens Nebenfjorde bilden. Es liegen aber keine Beweise vor, dass sie ihre Entstehung ähnlichen Kräften zu verdanken hat, wie die echten Fjorde. Eine gewisse Übereinstimmung

mit der Norwegischen Rinne zeigt der Westfjord. Vielleicht sind alle diese der Küstenlinie parallelen Vertiefungen Reste einer grossen Einsenkung, welche zur Zeit der Gebirgskettenfaltung durch tektonische Ursachen entstanden ist.

Die Fjorde der Faltungszone sind die typischen Fjordbildungen; sie umfassen fast alle norwegischen Fjorde, ausgenommen diejenigen der nordöstlichsten Halbinsel. Geringe Breite und bedeutende Tiefe zeichnen sie aus; der Sognefjord, der tiefste Querfjord der Welt, erreicht 1240 *m*; aber selbst in den kleinsten findet man Tiefen von etwa 500 *m*, und einige wenige erreichen 700—800 *m*. Wie Nordenskjöld zeigt, passen die Fjorde sich in ihrem Verlaufe und ihren Biegungen möglichst genau den Wechseln des Schichtenstreichens an, so dass sie immer danach streben, so weit als möglich als Längsthäler aufzutreten, und demnach die vielfach geäusserte Ansicht, dass die Fjorde meistens rechtwinklig zur Streichrichtung der umgebenen Gesteine verlaufen, unrichtig ist. Die der Küstenlinie parallelen Meeresstrassen erweisen sich fast sämtlich als Längsfjorde. Sie trennen häufig äussere Inselgruppen von dem Festlande ab. Ihre Form ist durchweg die des Beckens, indem Schwellen, deren Lage oft durch emporragende Felsinseln angedeutet wird, tiefere Teile derselben voneinander trennen. Immer sind aber diese Tiefen geringer als die der angrenzenden Radialfjorde, welche mit ihrem Hauptstamme die Küstenlinie senkrecht oder unter einem steilen Winkel treffen. Unter diesen kommen sowohl Längs- als Querfjorde vor, während viele andere in ihrer Richtung von dem Streichen der Schichten beeinflusst werden, ohne demselben genau zu folgen. Von echten Längsfjorden erster Ordnung, welche genau dem Streichen folgen, kennt Nordenskjöld kein sicheres Beispiel. Die Querfjorde bilden in ihrem Hauptverlaufe einen bedeutenden Winkel mit dem durchschnittlichen Schichtenstreichen. Sämtlich infolge der ausgesprochenen Beckenform als echte Fjorde anzusehen, zerfallen sie der Hauptsache nach in drei Gruppen: 1. die langen, schmalen, gewundenen Fjorde, z. B. die innern Fortsetzungen des Bukkenfjords, der Jöringfjord und der Nordalsfjord: 2. die relativ breitern Fjorde, namentlich im nördlichen Norwegen; 3. einige kurze, breite Buchten, wie der Bukkenfjord und der Björnefjord.

Die Fjorde in massigen Gesteinen, z. B. Eruptivgesteinen, Granit etc., sind meistens sehr schön ausgebildet, tief, durchweg kurz und schmal, häufig gewunden, aber mit parallelen Wänden und frei von Inseln.

Die Fjorde des Finmarktypus sind weit breiter als alle andern ähnlichen Bildungen in Norwegen. Die durchschnittliche Breite des Laxefjords (15 *km* bei 70 *km* Länge) wird selbst nicht von dem Bukkenfjord erreicht. Die Begrenzungslinien sind sehr einfach, auf grossen Strecken kommen gar keine Nebenfjorde vor, und der Küste

parallele Strassen, welche Inseln abschnüren, fehlen fast gänzlich, wenn auch einzelne Anfänge vorhanden sind. Hinsichtlich der Tiefenverhältnisse betrachtet Nordenskjöld wenigstens den innern Teil des Varangerfjords mit einer Maximaltiefe von 424 *m* gegen eine Schwelle von 200—250 *m* Tiefe als abgeschlossenes Becken und somit als echten Fjord. — Die diese Fjordbecken begrenzenden Gesteine gehören der Gaisagruppe an und bestehen aus Sandstein, Konglomerat und Thonschiefer mit Dolomiteinlagerungen, in der untern Abteilung auch aus Quarzit, Glimmerschiefer und sogar ausgneisähnlichen Gesteinen. Dieselben sind durchweg annähernd horizontal gelagert, wenn auch einzelne Störungen vorkommen, und treten wie viele jüngere, nicht metamorphosierte Sedimentgesteine in dicken, bankförmigen Schichten auf. Welchem dieser beiden Umstände die abweichende Form der Finmarkenfjorde zuzuschreiben ist, wagt Nordenskjöld nicht zu unterscheiden; dass sie aber durch die Beschaffenheit des Untergrundes verursacht ist, lehrt ein Vergleich zwischen der Nord- und der Südseite des Varangerfjords. Die Südseite desselben wird vom Grundgebirge gebildet, und die Fjordlandschaft erinnert hier stark an die norwegische Westküste.

Die ausserhalb der Gebirgsgegenden liegenden Fjorde, deren Umgegend dem stark abradierten ostskandinavischen Rumpfgebiete angehört und aus archäischen Gesteinen gebildet wird, haben in Übereinstimmung mit der fast stets unter 100 *m* bleibenden Höhe ihrer Umgebung durchschnittlich eine bedeutend geringere Tiefe, so dass sie gewöhnlich nicht als Fjorde anerkannt werden. Zu dieser Gruppe werden mehrere der kurzen Fjordbuchten der norwegischen Südküste gerechnet, während einige der Einbuchtungen an der Küste der schwedischen Landschaft Bohuslän als typische Beispiele angeführt werden (Gullmarfjord, Koljefjord mit Byfjord). Die Längen- und Breiten-, wie auch die Tiefenverhältnisse zeigen die Fjordähnlichkeit derselben; bei einigen derselben fehlen zwar die Schwellen, aber dieselben sind wahrscheinlieh bei späterer Sedimentation versteckt. Im Anschlusse hieran bespricht Nordenskjöld auch die schwedischen Fjärde, welche nach Dinse schmale, gewundene Meeresstrassen sind, die sich häufig sehr weit in das Innere hinein verzweigen und wie die Fjorde meist senkrecht zur Küstenlinie in das Land eingeschnitten sind, deren Parallelismus sich aber auf den allgemeinen Zug der Wasserstrassen beschränkt, während die Inseln, Riffe und untermeerischen Bänke zwar oft in Reihen angeordnet sind, ohne dass jedoch die Richtungen der Einzelformen übereinstimmen. Die Landzungen, die langgestreckten Inseln mit parallelen Ufern fehlen im Fjordgebiete, wo breite, seeartige Erweiterungen mit den schmalsten Engen wechseln, während die Inseln die unregelmässigsten Formen haben. Dinse sucht den Unterschied zwischen den Fjorden und den Fjärden in erster Linie in der äussern Formenbegrenzung. Wie

Nordenskjöld zeigt, kommen aber plötzliche Erweiterungen auch bei Fjorden vor, wenn sich mehrere beinahe parallele Thäler vereinigen; dass die Einwirkung der überquerenden Strassen in den Fjärdgebieten einen weit grössern Einfluss üben kann, führt Nordenskjöld auf die geringe Höhe der umgebenden Landschaft zurück. Im übrigen findet er den Unterschied zwischen den Fjorden und den Fjärden hauptsächlich in den Tiefenverhältnissen, indem die Fjärde nur selten als durch untermeerische Schwellen abgeschlossne Becken erscheinen. Allerdings kommen Schwellen häufig vor, aber es lässt sich nicht beweisen, dass sie aus anstehendem Fels bestehen, und das angrenzende Meer ist meistens schon in der Nähe der Küste ebenso tief oder tiefer als die innern Einsenkungen. Aus diesen Gründen empfiehlt Nordenskjöld, die Fjärde den eigentlichen Fjorden als besondere Gruppen zu koordinieren, wie dies auch bisher geschehen ist. Die von Dinse angeführten Beispiele aus dem nördlichsten Schweden verwirft er als nicht typisch und betrachtet das Gebiet zwischen dem nördlichen Småland (57° 30′) und der Gegend von Stockholm als das typische Fjärdgebiet.

Ausser den norwegischen Fjorden zieht Nordenskjöld die Fjordgebiete in Alaska, Westpatagonien und dem Feuerlande, Grönland, Spitzbergen, Island, wenn auch nicht eingehend, in den Bereich seiner Untersuchungen, zeigt, dass in den Gegenden, wo frühere ausgedehnte Eisbedeckung nachgewiesen worden ist, an allen Küsten der Faltungs- und Abrasionsgebirgsländer, ferner an sehr vielen der höhern Tafelländer, sowie ausserdem der Gebiete mit archäischem Untergrunde überhaupt, in überaus grosser Menge beckenförmige Einbuchtungen vorkommen, welche mit gemeinsamen Namen als Fjordbildungen zusammengefasst werden können und dadurch charakterisiert sind, dass sie gesellig auftreten, auf grössere Strecken wenigstens eine Annäherung zur Parallelität zeigen und dieselbe Breite beibehalten, meistens ohne von Seitenthälern beeinflusst zu werden, und endlich dass sie im Verhältnisse zu ihrer Breite lang (5- bis 40 mal so lang als breit) und tief, im Verhältnisse zwischen 1 : 2 und 1 : 15 wechselnd, sind. In derselben Gegend sind sie durchweg ähnlich; in verschiedenen Gegenden häufig verschieden. Den grössten Einfluss auf die Fjordform übt die Beschaffenheit des Gebirgsuntergrundes; daneben ist auch die Topographie der Umgebung von grossem Einflusse auf Aussehen und Tiefe der Fjorde: je flacher die Umgegend wird, desto breiter und weniger tief werden die Fjordbuchten, dagegen sind die tiefsten Fjorde fast immer schmal, besitzen auch überseeisch steile und hoch aufragende Abhänge und sind in harte, gleichförmige Gesteine eingeschnitten.

Die Fjorde und fjordartigen Bildungen — abgesehen von den Fjörden und Einbuchtungen der Schwemmlandsküsten — lassen sich in drei Gruppen teilen:

Gruppe	Bezeichnung	Typische Vorkommnisse	Gebirgsuntergrund
I. „Echte“ Fjorde der Faltungsgebirge und höheren Abrasionsgebirge.	Radialfjorde Parallelstrassen Kombinationsfjorde	Westgrönland Neuseeland NW-Amerika Patagonien Norwegen	Granit, Gneis u. s. w. Längskettengebirge. Abrasionsgebirge mit wechselnden Gesteinen.
II. Fjorde in bankförmigen oder horizontal lagernden Gesteinen.	Finmarktypus Breite Buchten	Finmarken Spitzbergen Disco, Golfo de Peñas	Bankförmige Gesteine in nicht steiler Lage. Jüngere Gesteine meistens mit Basalt.
III. Fjordartige Bildungen ausserhalb der Gebirgsgegenden.	Mainetypus Fjärde	Maine, Bohuslän die Ostseeküsten	Massige und altkrystallinische Gesteine.

Die reinen Radialfjorde zeigen im Längsprofile ein unruhig wechselndes Bodenrelief mit hoch ansteigenden Schwellen. Die reinen Parallelstrassen sind wenigstens zuweilen, so in Westpatagonien, sehr tief, ihre grössten Tiefen liegen aber da, wo die Kanäle gegen das Meer abzweigen; überhaupt werden die Kanäle in ihrer Richtung, nicht aber in ihrer Form stark von bedeutenden Radialfjorden des innern Landes beeinflusst. An den Längsküsten besteht ein Fjordsystem oft aus mehrern Längsthälern, die durch kurze Querthäler verbunden sind, welche enger und tiefer sind als jene. Auch sonst sind die meisten Fjorde Systeme von in verschiedenen Richtungen laufenden Thälern und Nebenthälern, wobei die Seitenthäler sich fast immer durch ihre Beckenform als selbständige Fjorde erweisen. Auch ganz kurze Fjorde erreichen häufig schon am innern Ende bedeutende Tiefen, welche jedoch niemals so gross werden, wie diejenigen der langen Hauptfjorde in Gebirgsländern. Während die Tiefenverhältnisse der langen und schmalen Buchten vom Finmarktypus wenig bekannt sind, sind die Tiefen der breitern Öffnungen in den Fjordküsten gross, aber nicht übergross (in der Disco-Bucht etwa 500 *m*).

In Gegenden, wo die Schneelinie tief liegt, werden die Fjorde häufig unmittelbar von einer steilen Karenwand begrenzt; gewöhnlich aber liegen in ihrer Fortsetzung tiefe Thäler, in denen häufig langgestreckte und tiefere Seen vorkommen, welche entweder durch Schuttmassen oder Felsenschwellen abgedämmt sind. Nicht selten steigen die Thäler, welche als Fortsetzung der Fjorde anzusehen sind, terrassenförmig an und enden landeinwärts an einem kurzen,

steilen Abhange; sehr selten (in Patagonien) durchbrechen sie die ganze Gebirgskette, etwas häufiger durchbrechen sie eine erste Hügelkette und setzen sich dann als Längsthäler fort.

Echte Fjorde kommen niemals ausserhalb der gegenwärtig oder früher vereisten Gebiete vor; wo andere Auffassungen geäussert sind, hat man den Umstand nicht genügend berücksichtigt, dass die Fjorde gesellig auftretende tiefe Becken sind. In Europa kommen keine Fjorde südlich von etwa 55° n. Br. vor. Zwar findet man an mehrern Stellen schmale, untergetauchte Thäler, sowohl Radialthäler vom Riastypus als Längsthäler vom Dalmatischen Typus; aber selbst wenn sie überhaupt die Beckenform zeigen, sind die relativen Tiefenunterschiede sehr gering, so dass anzunehmen ist, dass die Schwellen nur aus angeschwemmtem, losem Materiale gebildet sind.

Da die Fjorde nur in den ehemals vereisten Gebieten vorkommen, muss die Bildung der für die Fjorde charakteristischen Beckenform in irgend einem Zusammenhange mit der Eisbedeckung stehen, was schon von O. Peschel hervorgehoben worden ist. Für die Beantwortung der Frage, ob die Fjordbecken als echte Felsenbecken oder nur als teilweise zugeschüttete Pseudobecken anzusehen sind, vermag Nordenskjöld zwar auch keine direkt entscheidenden Momente beizubringen; er macht es aber wahrscheinlich, dass die meisten Fjorde Felsenbecken sind. Wie er nachweist, haben diese ihre Form nicht durch unregelmässige Bewegungen der Erdkruste, auch nicht durch Verwerfungen oder Grabensenkungen erhalten, so dass nur die Möglichkeit übrig bleibt, dass sie durch die Erosion der Gletscher ausgehöhlt seien. Beachtet man, dass die eigentliche Thalbildung schon vor der Eisbedeckung erfolgt ist, so dass die meisten Thäler, in denen jetzt Fjorde liegen, schon in präglazialer Zeit existierten, und dass die Gletscher eben diesen präglazialen Flussthälern folgten, beachtet man ferner, dass ein bedeutender Teil der Differenzen zwischen den Tiefen der Fjorde und denjenigen der Schwellen von dem auf letztern abgelagerten Moränenmateriale herrührt, so dass die Tiefen der wirklichen Felsenbecken sich nicht feststellen lassen, so ist man mit Hilfe dieser Hypothese im stande, die meisten Erscheinungen bei dem Auftreten der Fjorde zu erklären. So wird es begreiflich, dass die Flussthäler und deshalb auch die Fjorde den Verwerfungsspalten und der Streichrichtung der Schichten folgen, namentlich in Gegenden mit weichem Gesteinsgrunde vorkommen und hier breiter, aber zugleich weniger tief werden, da eine Vertiefung des Bettes nicht so notwendig war, um Platz zu gewinnen. Im breiten Thale des Christianiafjords wurden die im Hintergrunde desselben liegenden Inseln, welche aus losen paläozoischen Gesteinen bestehen, nicht hinwegerodiert, zumal sie von den Hügeln des Hinterlandes geschützt wurden; in schmalen Rinnen fehlen dagegen alle Inseln auch von den härtesten Gesteinen. — Die Erosionstheorie

vermag auch die Entstehung der Schwellen zu erklären. Waren in einem engen Bette grosse Eismassen vorhanden, so musste zunächst die Erosion um so stärker sein, je schmäler das Bett war. Wenn jedoch nun die Eismasse in das flachere Vorland hinaustrat, so konnte sie allerdings ihr tiefes Bett ein wenig verschieben, zuweilen sogar eine Strecke in das ganz flache Küstenplateau hinaus, aber die Tiefe musste hier schnell abnehmen, so dass eine Schwelle entstand.

Die enorme Tiefe einiger Fjordbecken lässt darauf schliessen, dass zu ihrer Ausbildung auch noch andere Ursachen mitgewirkt haben mögen. Nordenskjöld macht hier darauf aufmerksam, dass die Fjorde genau den früher existierenden Flussthälern und Depressionen folgen, die aber immer die am wenigsten widerstandskräftigen Stellen des Gebirgsgrundes aufgesucht haben; darum sind die Fjorde so häufig in der Schichtenantiklinalen und in Gebieten mit Verwerfungen oder mit weicherem Gesteinsgrunde. Noch viel wichtiger ist ihm jedoch die Gesteinszerklüftung, und er hält es für sehr wahrscheinlich, dass Fjorde von bedeutender Beckentiefe nur an solchen Stellen vorkommen können, wo das Gestein nach gewissen Richtungen durch tiefgehende Zerklüftung mit oder ohne Verwerfungen hinreichend aufgelockert war.

Die Bildungsgeschichte des Schwarzen Meeres hat F. Toula auf Grund eigener Studien und in Anlehnung an R. Andrussow, Sinzow und Sokolow in übersichtlicher Weise in einem Vortrage dargestellt.[1]) Diese Geschichte lässt sich zur Zeit rückwärts nicht über die mediterrane Stufe verfolgen, wenngleich es ersichtlich ist, dass schon in der Oligocänzeit, also vor dem mediterranen Zeitalter, in Südrussland ein Meer vorhanden war, welches sich wenigstens bis über den westlichen Teil des heutigen Schwarzen Meeres erstreckte. Die einzelne Entwickelungeschichte des Schwarzen Meeres fasst Toula in folgender Weise zusammen.

1. Ein Meer von weitreichender Ausdehnung, dessen Zusammenhang noch vielfach fraglich bleibt in der untern oder mittlern Oligocänzeit. Nicht unwichtig für die Vorgeschichte der Senke des Pontus und Kaspi ist der Nachweis des Bestandes eines Meeres in Westsibirien während der Eocän- und Oligocänzeit, das man sich über das Gebiet des untern Ob als mit dem Polarmeere und mit dem südrussichen Becken in Verbindung stehend gedacht hat, und dessen Abschnürung von dem letztern durch eine Seespiegelsenkung (Hebung des Untergrundes während des Oligocän) erfolgt sein dürfte.

2. Mit dem obersten Oligocän beginnt die zusammenhängende Geschichte des Schwarzen Meeres.

3. Die dunklen Schieferthone der Krim und vom Nordrande des Kaukasus, in das Miocän übergehend, und zwar in Äquivalente des

[1]) Natur 1901. Nr. 1. 2. 3.

Schlier und des galizischen Salzthones. Ein tiefes Meer, das zuerst mit einem in Südrussland ausgedehnten Meere im Zusammenhange stand und schliesslich auf einen schmalen Meeresarm (Krim-Kaukasus) beschränkt blieb, dessen Zusammenhang mit dem Westen uns nicht genauer bekannt ist.

4. Das mittelmiocäne Meer der euxinischen Stufe, ein Äquivalent der Mediterranablagerungen des Wiener Beckens. Aus Galizien herüberreichend zu einem langen, westöstlich hinziehenden Meeresarme, der über einen grossen Teil des Schwarzen Meeres und nördlich vom Kaukasus sich erstreckte, mit einer rumänischen und einer südlich von der Krim und den Dobrudschabergen bis nach Varna reichenden Bucht. Auch von der Südseite des Kaukasus aus der Gegend nordwestlich von Tiflis bekannt.

a. Die Tschokrak- und b. die Spaniodonschichten. Faziell von den typischen Mediterranschichten verschieden und in dieser Ausbildung westlich über das eigentliche Gebiet des heutigen Schwarzen Meeres nicht hinausreichend.

5. Das sarmatische Meer, eine Periode des Hinübergreifens des Meeres über die Grenzen des vorhergehenden Meeres (Transgression). Das ganze Becken des Schwarzen Meeres, mit Ausnahme des südlichsten Saumes, erscheint einbezogen; ein sehr breiter Meeresarm, bis an die ergenischen Hügel reichend, stellt die Verbindung mit dem gegen Norden, weit über das heutige Kaspische Meer und bis an den Aralsee reichenden, grossen östlichen Meeresbecken her. Im Südwesten reicht eine Bucht mit einer Meeresstrasse bis Derkos, westlich von Stambul, über den nördlichen Teil des Marmarameeres und bis über Gallipoli hinaus. Im Bereiche des Schwarzen Meeres:

a. dunkle Schieferthone von Kertsch, Ervilienschichten Südrusslands. b. Nubecularienschichten, Sande, Mergel und Kalke. c. Bryozoënkalke, Schieferthone, Sande, Thone und Kalke mit Mactra caspia.

6. Die mäotischen Meerbecken oder die Dosinienschichten (mäotische Stufe) in Südrussland, bei Kertsch und in Rumänien. Eine Übergangsbildung (= erste pontische Stufe Andrussows), die sich im nordwestlichen Teile des Schwarzen Meeres, im Bereiche des heutigen Asowschen Meeres und im mittlern Teile des kaspischen Beckens ganz besonders herausbildete. Es war eine Periode der Einengung, der Schrumpfung des Meeres in Südrussland. Der Kalkstein von Kertsch, unten mit Dosinien neben Cerithien, oben mit Congerien, bezeichnet eine Übergangsbildung zu den eigentlichen Congerienschichten oder der »pontischen Stufe«, deren unterste, älteste Bildungen von Andrussow mit der mäotischen Stufe in Parallele gestellt wurden.

7. Die Congerienstufe. Das Meer im Bereiche des eigentlichen pontischen Beckens ist auf den nördlichsten Teil des heutigen Schwarzen Meeres beschränkt, und zwar auf den Golf von Odessa,

mit einer Bucht tief in das rumänische oder danubische Becken und auf das Asowsche Meer. Die östliche Fortsetzung ist einigermassen fraglich, doch kennt man sie aus der Kalmükensteppe, von der untern Wolga und von der Ostküste des Kaspi. Im Schlamme des Schwarzen Meeres und des Marmarameeres hat man halbfossile Schalen angetroffen; im Kaspi dauert die Fauna noch heute an, man findet dort die lebenden Dreissensien. Die Valenciennesien- und Psilodonschichten Rumäniens und von Kertsch gehören hierher. Der Odessaer Kalkstein oder der Hauptsteppenkalk desgleichen (= zweite pontische Stufe nach Andrussow). Die Parallelisierung der pannonischen und der Wiener Congerienschichten ist durch die Verschiedenheit der Faunen jedes einzelnen Teilbeckens sehr erschwert. Die Dreissensia simplex, eine der Hauptfossilienarten des Odessaer Kalksteines, fand man im Westen nicht, wohl aber im Quartär des aralo-kaspischen Gebietes und lebend im Aralsee.

8. Die Paludinenschichten Rumäniens und des pannonischen Beckens spielen als solche im Becken des Schwarzen Meeres keine Rolle. Die Congerien und Dreissensien dauerten offenbar aus und drangen immer weiter gegen Süden vor bis ins Marmarameer, also gegen die Einbruchregion des mediterranen, des Mittelmeerbeckens im Bereiche des Ägäischen Meeres hin (= dritte und vierte pontische Stufe Andrussows).

9. Bildung des Bosporus und der Dardanellen nach vorheriger Abtrennung des Kaspi und des Aral vom Schwarzen Meere (= fünfte pontische Stufe Andrussows, bis in die Gegenwart reichend), und nach einer vorübergehenden mediterranen Überflutung im Bereiche der Dardanellen (bei Tschanakkalessi und bei Gallipoli). Die Dreissensien sterben in der Tiefe des Schwarzen Meeres und des Marmarameeres infolge des Einströmens des salzigen Mittelmeerwassers ab. Die Mittelmeerfauna breitet sich Schritt vor Schritt vordringend immer weiter gegen Norden hin aus, ein Vorgang, der sich noch heute fortsetzt.

Die submarinen Thäler vor der Küste Californiens. G. Davidson hat das sämtliche hierüber vorhandene Material an Lotungen gesammelt und kartographisch verarbeitet.[1]) Zwischen Diego an der Grenze Mexikos und dem Cap Flattery läuft die 100-Fadenlinie in etwa 10 Meilen Entfernung von der Küste dieser parallel, dann aber senkt sich ziemlich plötzlich der Boden des Ozeans bis zu 2000 ja 2700 Faden Tiefe. Die Thalflächen, welche man hier antrifft, sind aber keineswegs zusammenhängend, sondern werden von submarinen Plateaus unterbrochen, auch zeigen die Flussthäler des Küstengebietes keine submarinen Fortsetzungen gegen die Thäler hin, während umgekehrt gegenüber der hohen Küstenkette zwischen Point Arena und Cap Mendocino vier tiefe Thäler im Ozeane liegen.

---

[1]) Proceedings of the California Acad. of Sciences [3] 1. No. 2.

9. Quellen und Höhlen.

Die Schwankungen des Grundwasserstandes in Mecklenburg hat Dr. Sass an etwa 140 Brunnen untersucht.[1]) Er kommt auf Grund dessen zu dem Ergebnisse, dass die Grundwasserverteilung in erster Linie nicht durch atmosphärische Niederschläge, sondern durch die geologischen Verhältnisse bedingt ist; den grössten Wasservorrat besitzen die Landstrecken südlich der Endmoräne und zum Teil die der Endmoräne selbst, dagegen findet man im Gebiete der typischen Grundmoräne im Gegenteile häufig Wassermangel. Ferner hat sich gezeigt, dass das Gebiet, welches ganz oder in der Hauptsache von einem See mit Grundwasser gespeist wird, in der Regel keine grosse Ausdehnung besitzt. Schliesslich widerlegt Dr. Sass die oft gemachte Behauptung, dass schneereiche Winter dem Grundwasser besonders viele Zufuhr bringen.

Die nördliche Fortsetzung der Wiener Thermenlinie ist von J. Knett in vieljähriger Bemühung erforscht worden.[2]) Die Ergebnisse seiner Arbeit setzt derselbe wie folgt zusammen:

1. Das inneralpin-karpathische Wiener Becken weist an seiner ganzen Umrandung thermale, solfatarische oder mofettische Äusserungen auf, deren Intensitäten (Wärmegrad, Salz- und Gasgehalt) durch zusitzende Grundwässer zum Teil oder fast gänzlich verwischt erscheinen.

2. Die einzelnen Quellenpunkte können miteinander durch Linien verbunden werden, die den peripherischen Gebirgsbrüchen der dortselbst SW—NO streichenden alpin-karpathischen Kette entsprechen. Von diesen zugleich hydrotektonischen Linien fanden bisher nur zwei geologische Beachtung, und zwar die beiden südlichen, die alpine Wiener Bucht begrenzenden Mineralquellenlinien:

a) Die nordwestliche »Leithagebirgslinie«: Deutsch-Altenburg, Mannersdorf, Brodersdorf, Neudorf-Sauerbrunn;

b) die südliche »Wiener Thermenlinie« (E. Suess): Saibersdorf-Winzendorf, Fischau, Brunn a. Steinfeld, Leobersdorf-Heilsamer Brunn, Vöslau, Baden, Gumpoldskirchen, Mödling, Brunn a. Gebirge, Mauer, Meidling.

Ausser diesen bestehen, wie wir gesehen haben:

c) Eine »nördliche Wiener Thermenlinie«: Wien, Poisdorf, Voitelsbrunn; ihre weitere Fortsetzung bildet die

d) »Marsgebirgslinie«: Voitelsbrunn, Tscheitsch, Buchlau;

e) die »westliche Karpathenlinie«: Buchlau, Petrau, Büdöskö, Stampfen, Deutsch-Altenburg.

---

[1]) Mittl. d. Grosshzgl. Meckl. Geol. Landesanstalt 12. Geogr. Zeitschr. 1901. p. 162.

[2]) Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1901. No. 10. p. 245.

3. Auch im Innern des alpinen Wiener Beckens finden sich solch bedeutsame Quellpunkte, die, mit den randlich gelegenen verbunden, ein ganzes Netz von Längs-, Quer- und Diagonallinien liefern und uns annähernd ein Bild von der Zerstückelung des liegenden Grundgebirges in mehrere Bruchfelder geben könnten. Eine dieser Quellenlinien bildet ebenfalls quasi eine nördliche Fortsetzung der alten Wiener Thermenlinie; sie wurde oben als Abzweigung von dieser aufgefasst. Ihr Verlauf ist: Wien, Pyrawarth, Hauskirchen—St. Ulrich, Egbell, Petrau.

4. Sowie die Quellen von Brodersdorf und Mannersdorf einer länglichen Scholle zu Tage tretenden alten Gebirges vorgelagert sind, an welcher marin-miocäne Strandsedimente zum Absatze gelangten, ebenso besagen uns die den beiden Leithakalkrücken von Steinabrunn und Zistersdorf nördlich unmittelbar vorgelagerten Schwefelthermen von Voitelsbrunn und Hauskirchen, dass hier Gebirgsstörungen in grössere Tiefe hinabreichen, Dislokationen des Grundgebirges, auf welchen Schwefelwasserstoffexhalationen stattfinden, und Thermalwässer emporsteigen und weiter, dass die eben erwähnten marinen Gebilde gleichfalls auf Grundgebirgshorsten zur Ablagerung gekommen waren, die zur Zeit der mediterranen Überflutung Untiefen gebildet haben mögen.«

Über eigentümliche Quellen und Flüsse bei Orizaba in Mexiko macht Emil Böse interessante Mitteilungen.[1]) Dort finden sich Quellen, welche am Fusse der Berge hervorbrechen und grosse Wassermengen den Flüssen zusenden. Gewöhnlich entspringt aus einer solchen Quelle direkt ein starker Bach. »Solche Quellen«, sagt Verf., »können nur entstehen, wenn sich im Innern der Gebirge grosse Sammelbecken befinden. Das ist hier sicherlich der Fall, denn die Kalkberge enthalten überall grosse Höhlen, in denen sich Wasser sammeln kann. Mit den Höhlen stehen auch wohl merkwürdige Thalbildungen an der Oberfläche in Verbindung; dies sind kesselförmige Vertiefungen ohne Abfluss, von den Mexikanern Hoyas genannt. Diese mögen häufig auf den Einsturz von Höhlen zurückzuführen sein. Durch die erwähnten Quellen werden die Flüsse gespeist, diese kommen deshalb auch nicht hoch aus dem Gebirge, sondern entspringen meistens am Fusse einer Bergkette. Flüsse, die oben im Gebirge entstehen, verschwinden sehr bald in Spalten. Ein ausgezeichnetes Beispiel liefert hierfür der Bach, welcher, von Sierra de Agua herabkommend, die Schlucht Boca del Toro z. Tl. durchfliesst, in zwei ca. $^1/_2$ *m* breiten Löchern im Felsen verschwindet und nach mehrern Kilometern unterirdischen Laufes stark vergrössert in mächtigem Wasserfalle in das Thal hinabstürzt, welches nach Nogales hinausführt. An manchen Stellen des Gebirges hört man

[1]) Zeitschr. der deutschen geolog. Gesellschaft 53. p. 198.

sogar das Rauschen eines unterirdischen Flusses; ein Anzeichen, welches manchmal zur Entdeckung des hier so viel begehrten Wassers führen könnte. Verf. zweifelt nicht daran, dass in den meisten Thälern solche unterirdischen Wasserläufe vorhanden sind. Sehr häufig kommt es vor, dass ein Fluss plötzlich auftritt und nach einigen Kilometern wieder verschwindet; das ist z. B. der Fall bei Tequila, bei Tzongolica. Der stattliche Rio Altotoco kommt von Süden, verschwindet bei Apochtecatl, fliesst unter einem Bergrücken hindurch, der 500 *m* über die Thalsohle aufragt, und kommt nach 4 *km* langem unterirdischen Laufe auf der Westseite des Berges oberhalb Coyametla wieder zum Vorscheine.

Die bisher erwähnten Quellen und Flüsse existieren das ganze Jahr über; in der Regenzeit fliessen natürlich in manchen Thälern auch oberirdisch Flüsse, die mit dem Eintritte der trockenen Jahreszeit zu existieren aufhören. Verf. führt ein Beispiel dafür an, dass sich in den Felsen vermittelst der zahlreichen Klüfte bei einem starken Regengusse sofort grosse Wassermengen ansammeln können. Bei Atlahuilco, nördlich von Orizaba, ist im Winter und Frühjahre kein Tropfen Wasser zu finden (mit Ausnahme einer weit entfernten Quelle und eines Brunnens), was um so merkwürdiger ist, als der aztekische Name „Wasserloch" bedeutet. Gleich beim ersten Wassergusse der Regenzeit stürzt hier aus einem Felsenloche ein starker Bach hervor. Um dieses Phänomen begreifen zu können, muss man allerdings die Heftigkeit tropischer Regen kennen, welche im stande sind, in der Stadt Orizaba nach wenigen Minuten die zum Teil starkes Gefälle besitzenden Strassen in breite, zu Fusse nicht mehr überschreitbare Bäche von 20—30 *cm* Tiefe zu verwandeln und den grössten Teil der Wege ausserhalb der Stadt unpassierbar zu machen. Da die meisten Flüsse unterirdisch fliessen, so haben sie auch bei weitem keinen so grossen Einfluss auf die orographische Ausgestaltung des Terrains wie in andern Gebirgen.«

Die Höhle „Burgverlies" im mährischen Karst ist von R. Trampler beschrieben worden.[1]) Sie liegt beim Dorfe Holstein, $1^1/_2$ Stunde südöstlich von Sloup. Ihr Eingang befindet sich am Fusse des 26 *m* hohen Burgfelsens in Gestalt einer flach gewölbten, 1.7 *m* hohen, 8.7 *m* breiten Öffnung. Die Höhle gehört zu den kältesten des mährischen Karstes; ihre mittlere Temperatur beträgt im Sommer nur 7.5° C. Der Höhlenboden ist im Anfange eben, nur in der Nähe der Seitenwände ragen aus demselben Kalkblöcke empor, welche, je weiter der Besucher vordringt, desto zahlreicher werden.

Vom Eingange 19.5 *m* entfernt, öffnet sich eine Halle von so grossen Dimensionen, wie man sie selten in den mährischen Karsthöhlen wahrnimmt. Sie ist von W. nach O. 33 *m* lang und halb

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau f. Geographie 1901. 23. p. 349.

so breit, erscheint aber bei der Kerzenbeleuchtung die nur durch einzelne Lichtstrahlen unterbrochen wird, welche an hellen Sommertagen durch den Eingang in das Innere der Höhle dringen und einen Teil der Halle in Halbdunkel hüllen, mindestens doppelt so gross.

Der Boden der Halle ist mit zahlreichen ungeheuern Kalkblöcken, welche einst von der Decke abgestürzt sind, derart bedeckt, dass es schwer fällt, sich in diesem wilden Chaos zurechtzufinden. Keine andere Höhle des mährischen Karstes weist einen so hohen Blockhügel auf. Die vom Verfasser durchgeführte markscheiderische Aufnahme ergab, dass sich derselbe vom Boden der Seitenhallen 6—7 *m* erhebt; die Halle hatte, bevor die Kalkblöcke abstürzten, die imposante Höhe von 24 *m*.

Ausser der grossen Halle hat das »Burgverlies« noch vier kleine Seitenhallen, aber eigentümlicherweise keine Gänge. In südlicher Richtung, somit gerade gegenüber dem Eingange, liegt die grösste Seitenhalle, die Südhalle. Sie hat eine fast quadratische Form — 10 *m* lang und 12.5 *m* breit — und ist am Beginne 6.5 *m* und am Ende 5 *m* hoch. Sie schliesst mit einer senkrecht abfallenden Felswand ab, in welcher sich fünf Spalten wahrnehmen lassen.

Die Osthalle ist am bequemsten zu erreichen, ist nahezu 10 *m* lang, etwas über 3 *m* breit und 6.5 *m* hoch. Nach rückwärts senkt sich die Decke bis zum Boden herab, verengt sich bis zu 1 *m* und geht hier in eine Spalte über, welche sich ungefähr 8 *m* weit verfolgen lässt. Der Boden ist mit kleinern Kalkblöcken bedeckt, zwischen denen sich Humus befindet, in welchem, wie Spuren beweisen, nach Knochen gegraben worden ist. Die Decke bildet eine Felsspalte, in welche ein langgestreckter Kalkfelsen sich derart herabgesenkt hat, dass man glaubt, er müsse jeden Augenblick herabstürzen.

Vom Eingange in die Osthalle führt der Weg am Fusse des Blockhügels längs der östlichen Felswand in südlicher Richtung in eine sehr kleine, nur 2.4 *m* hohe Halle von quadratischer Form. Die Halle wird durch eine senkrechte Felswand abgeschlossen, von der sich sowohl rechts als links je eine Spalte in südlicher Richtung fortsetzt. Die rechte (westliche) Spalte muss ans Tageslicht führen, weil sie wie auch zum Teile der Boden der Halle mit Baumblättern bedeckt ist, welche durch das Wasser hineingeschwemmt worden sind; dafür spricht auch der feuchte Humus, mit dem der zur Haupthalle abfallende Boden bedeckt ist.

Zwischen Kalkblöcken führt westlich ein verhältnismässig bequemer Weg 7.3 *m* hinab in die vierte Seitenhalle der Höhle, in die Westhalle. Sie ist 7.4 *m* lang, am Beginne 5.7 *m* breit und 4 *m* hoch. Nach Westen verengt sie sich und erscheint durch einen abfallenden 4 *m* langen Felsen abgeschlossen. Einen schauerlichen Anblick gewährt der Eingang der Halle: drei riesige Kalkblöcke hängen von der Decke so lose herab, dass sie abzustürzen drohen; dass es nicht geschieht, bewirkt der an die südliche Felswand gelehnte Block,

welcher die beiden andern Kolosse stützt. Dass auch diese Halle in eine bis an das Tageslicht führende Spalte verläuft, lassen die regelmässig abgesetzten Tegelschichten erkennen, welche den felsigen Boden allenthalben in einer Mächtigkeit von 6—10 *cm* bedecken. Die Halle muss also zeitweise mit stehendem Wasser, welches durch die Spalte hereinkam, bedeckt gewesen sein, um den Tegel abzulagern.

Da der Boden der Höhle fast durchaus mit Kalkblöcken bedeckt ist, so nehmen die Ablagerungen einen verhältnismässig sehr geringen Raum ein und bestehen zum grössten Teile aus Alluvium; Knochenreste aus der diluvialen Periode kommen in den zugänglichen Schichten nicht vor. Dagegen fanden sich in der Höhle sehr viele Menschenknochen, was begreiflich ist, wenn man weiss, dass sie im Mittelalter als »Burgverlies« diente. Ihr Eingang war, wie Dr. H. Wankel berichtet,[1]) ehemals mit einer 4 *m* dicken Mauer verschlossen, von der auch Dr. M. Kříž noch Überreste fand. Gegenwärtig findet sich nicht die geringste Spur davon weder an der Oberfläche, noch im Boden, wie eine Stollen bewies, den der Verfasser zu diesem Zwecke ausheben liess.

Die Entstehung der Höhle ist nach Trampler die gleiche wie die der andern Höhlen des mährischen Karstes. »Der Brünner Devonkalk streicht von Norden nach Süden und ist in derselben Richtung von zahlreichen Spalten durchsetzt. Ausser diesen, welche man, weil sie in der Streichrichtung des Kalkes liegen, Längenspalten nennen könnte, finden sich auch Spalten, welche in der kreuzenden Richtung, also von Westen nach Osten streichen und Querspalten genannt werden könnten. Sie sind, wie sich von selbst versteht, nicht gleich ausgeweitet und ungleich verteilt. Ihnen verdanken die verschiedenen Karsterscheinungen, vor allem die Thäler, Höhlen und Dolinen zwar nicht allein, aber hauptsächlich ihre Entstehung. Alle Thäler des mährischen Karstes verlaufen von Norden nach Süden, so das Oede-(Punkwa-) und das Holstein-Ostrower Thal, oder von Osten nach Westen, so das Josefsthal und ein Teil des Hadeker Thales. Auch die Mehrzahl der Höhlen erstrecken sich in diesen beiden Hauptrichtungen.

Am häufigsten treten die Karsterscheinungen dort auf, wo die Längen- und Querspalten sich kreuzen. An solchen Punkten bilden sich Schlote, welche zur Höhlenbildung am wesentlichsten beitragen. Ihnen verdanken die hallenartigen Räume in erster Linie ihre Entstehung.

Auch das »Burgverlies« erstreckt sich nach den beiden oben angegebenen Hauptrichtungen. Die Längenaxe der Höhle weicht von der Nordsüdrichtung nur 25° ab, während die Breitenaxe von Osten nach Westen verläuft. Die imposante Halle verdankt ihre Entstehung ebenfalls Schloten. Einer derselben befindet sich fast am Firste der

[1]) Dr. H. Wankel, »Bilder aus der mährischen Schweiz,« p. 219.

Halle, ein zweiter etwas westlich davon. Letzterer soll, wie Dr. H. Wankel berichtet, und wie die Ortsbewohner erzählen, von der Burg aus durch Stufen zugänglich gewesen sein.

Die Ausweitung der Höhle im allgemeinen und der Halle im besondern geschieht durch die erodierende Thätigkeit der meteorischen Gewässer, welche durch Spalten und Schlote in das Innere gelangen und den Kalk allmählich zersetzen. Dieser Zerstörungsprozess ist selbstverständlich desto grösser, je leichter das Wasser Zutritt hat. Da die Plattform des Burgfelsens kaum 5—8 *m* von der Höhlendecke des »Burgverlieses« absteht, so musste die Erosion gerade in dieser Höhle ein leichtes Spiel haben. Ein Block nach dem andern löste sich von der Decke ab, fiel zu Boden und bedekte diesen in einer Höhe von 6—7 *m*. Diese zerstörende Wirkung dauert noch fort, wie man an den losen Kalkblöcken der Ost- und Westhalle wahrnehmen kann.«

Höhlen und Karsterscheinungen in Katalonien. Während der Jahre 1897—1899 hat Abbé Font y Sagué in Katalonien zahlreiche unterirdische Höhlen und unterirdische Flussläufe entdeckt und untersucht, wie sie u. a. im Karst, in den Causses und im Jura vorkommen, aber in Spanien nicht vermutet wurden. Vor allem lieferte die Durchforschung des Kalkmassivs von Garraf, das sich westlich der Llobregatmündung zwischen Barcelona und Villanueva y Geltru an der Küste ausdehnt, wichtige Ergebnisse. Es schliesst eine grosse Zahl natürlicher Brunnen ein, die man dort »Avenchs« nennt (wie in den Causses), welche die Regengüsse aufnehmen, und aus denen die Quellen des Massivs, namentlich die der Falconera und der Armena, gespeist werden. Der Avench del Bruch, der an der Ausmündung 2 *m* Durchmesser hat, geht 90 *m* unter der Erde in einen 18 *m* breiten saalartigen Raum über, aus dem ein neuer Brunnen von etwa 40 *m* Tiefe hinunterführte, und zwar in einen unterirdischen See mit spiegelklarem Wasser. Diesen selbst konnte Font y Sagué nicht weiter untersuchen. Ähnlicher Höhlen und Bildungen wurde noch eine grosse Anzahl aufgedeckt, ebenso auch Gänge mit fliessendem Wasser. Im vergangenen Jahre hat der Abbé seine Forschungen fortgesetzt; mit welchem Erfolge, weiss man noch nicht.[1])

10. Flüsse.

Die Entstehung des Rheinthales oberhalb des Bodensees behandelt Rothpletz.[2]) Hiernach sind der heutige Züricher See, der Wallensee und der Bodensee nur die Überreste eines grossen diluvialen Sees, der aus drei Armen bestand, die sich bei Sargans vereinigten. Dieser See ist jetzt zum grössten Teile von mehr als 150 *m*

---

[1]) La Géographie 1901. p. 140; Globus 79. p. 228.
[2]) Schriften des Vereines für Gesch. d. Bodensees Heft 29.

mächtigen Alluvionen bedeckt; er wurde aufgestaut durch eine schwache Verbiegung eines alten Flussthales sehr jugendlichen Alters. Jenes Flussthal war aber nur ein vorübergehendes Entwickelungsstadium eines ältern Rheinthales, das durch tektonische Vorgänge entstanden sein muss. Beweis dafür ist die deutliche Verschiedenartigkeit des Gebirges zu beiden Seiten des Rheines von Chur bis zum Bodensee, verursacht durch eine grosse tektonische Störungslinie, die mit diesem Stücke des Rheinthales zusammenfällt. Auch die merkwürdige Gabelung bei Sargans findet dadurch ihre natürliche Erklärung.

Über die Bildung des Rheindurchbruches zwischen Bingen und Lorch sprach in der deutsch. geolog. Gesellsch. zu Berlin A. Leppla.[1]) Die Tertiärablagerungen des Niederwaldes und vom Ebenthale, nördlich von Rüdesheim, reichen auf der rechtsrheinischen Hochfläche nach Norden bis an den Teufelskädrich heran, indem sie den Bacharacher Kopf und den Hörkopf nördlich umgreifen. Linksrheinisch rücken sie nach Norden ebenfalls weit vor bis an den Franzosenkopf im Binger Walde und sind südwestlich von Trechtingshausen am Wege nach der Höhe zum Gerhardshofe und Jägerhause in etwa 350 *m* Meereshöhe aufgeschlossen. Auch hier zeigt ihre Verbreitung, das einzelne Quarzitzüge inselartig aus ihnen hervorragen. Dieses weite Eindringen in und zwischen die Klippen des Taunusquarzites setzt ihr ehemaliges Vorhandensein in dem nur 1.5 *km* nördlich liegenden äussersten Durchbruche zwischen Teufelskäderich-Jägerhorn einerseits und Franzosenkopf anderseits voraus, und damit ist ihre Verbindung mit den die Hochflächen bedeckenden Tertiärablagerungen nördlich des Taunus gegen Koblenz zu gegeben. Diese Verbindungsstrecke des Tertiärs dürfte die Lücke für den Beginn der eigentlichen Erosion durch den Quarzit gegeben haben. Nur wenig tiefer als die Tertiärablagerungen bei Trechtingshausen tritt am nämlichen Wege in etwa 320 *m* Höhe ein grober Schotter auf, welcher, entgegen den höher gelegenen und ältern Ablagerungen, neben grossen Geröllen von Quarzit und Milchquarz noch fremdes Material enthält, Gesteine, welche aus dem Mainzer Becken und seinen Randgebirgen, wahrscheinlich aus dem Nahegebiete stammen. Hier liegt also ein fluviatiler Absatz aus dem engen Durchbruchsthale vor. Weniger deutlich, und nur in ihrer Form erkennbar, ist eine tiefere Terrassenablagerung in der Höhe des Schweizerhauses, westlich von der Burg Rheinstein, Leider lässt die dichte Bewaldung und Schuttbedeckung hier einen genauen Einblick nicht zu.

Die Frage, ob der Rheindurchbruch Erosions- oder Spaltenthal sei, lässt sich also wohl zu Gunsten der erstern Erklärung entscheiden. Die Aufnahmen haben Spalten, d. h. Querverwerfungen im Durch-

---

[1]) Zeitschrift d. deutsch. geolog. Ges. in Berlin 52. Sitzber. p. 79.

brucke in teilweiser Übereinstimmung mit A. Rothpletz ergeben, aber ihr Verlauf kann nur auf kurze Strecken die Erosion geleitet oder begünstigt haben, Die Ausnagung des Rheines ging in erster Linie von dem bereits zur Tertiärzeit vorhandenen Durchbruche in etwa 350 *m* Meereshöhe aus und setzte sich dann terrassenförmig bis zum heutigen Laufe fort, in engster Anlehnung an das terrassenförmige Einschneiden der Mosel.

Auf eine Bemerkung von O. Böttger, dass das Tertiär des Mainzer Beckens nicht mit demjenigen des Neuwieder Beckens in Verbindung gewesen sein kann, erwiderte Leppla, dass die von ihm und allen andern rheinischen Geologen als Tertiär betrachteten Ablagerungen jene ihrem genauen Alter nach unbestimmten Schichten von weissem Sande, Thonen und Milchquarzkiesen seien, welche in grosser Verbreitung sowohl im Nahegebiete als auch zu beiden Seiten der Mosel und des Rheines auf Hochflächen auftreten; von Rheinach erwähnt, dass im Lorsbacher Thale ganz ähnliche Verhältnisse, wie die von Leppla geschilderten, vorlägen. Die Thäler seien dort reine Erosionsthäler. Er habe bei Niederhausen Verhältnisse gefunden, die bewiesen, dass das Thal veranlasst sei durch ein früheres Tertiärthal, und meint, dass die Verbindung nach dem Limburger Becken hier gelegen habe. Doch sind noch keine Versteinerungen gefunden worden.

Das Maingebiet. Unter den zahlreichen Nebenflüssen des Rheines nimmt der Main, nicht sowohl als grösster rechtsseitiger Nebenfluss als vielmehr wegen seiner durch mässiges Gefälle, Wasserfülle und Stetigkeit der Wasserführung bedingten Bedeutung für das rheinische Stromsystem eine hervorragende Stellung ein. Eine Untersuchung des Einzugsgebietes des Mains, sowie der Niederschläge und des Abflusses in demselben, hat Dr. M. von Tein ausgeführt,[1]) und zwar hauptsächlich zum Zwecke, das Auftreten und den Verlauf der Hochwasserschwellen des Rheines genauer zu erkennen und die Unterlagen für Hochwasservoraussagen zu schaffen. Das Gesamtgebiet des Mains umfasst 27 206,41 *qkm*, wovon 9676 *qkm* mit Wald bedeckt sind. An der Regnitzmündung führt der Main bei niedrigem Wasserstande gegen 30 *cbm*, bei mittlerem 70—80, bei hohem, dem ausufrigen nahen Wasserstande 500—600 *cbm* in der Sekunde ab; nahe der Taubermündung sind die Wassermengen beziehungsweise 50, 120—130 und 850—900 *cbm*. In der Mainsenke unweit Frankfurt finden sich annähernd die gleichen Verhältnisse.

Die grössten Abflussmengen zeigen sich im Winter und Frühling, namentlich im März, die kleinsten im Sommer und den ersten Herbstmonaten. Das Hochwasser von 1888 war in Bezug auf Abfluss-

---

[1]) Ergebnisse der Untersuchung des Hochwasserverhältnisses im deutschen Rheingebiete. VI. Heft. Berlin 1901.

Menge die bedeutendste Erscheinung der neuesten Zeit: der niedrigste mainstand fand im Sommer 1893 statt. Niederschlag und Abfluss gehen nicht parallel; das Höchstmass des Niederschlages im Maingebiete fällt auf den Juli in die Zeit des geringsten Abflusses, der stärkste Abfluss in den März, wenn die Niederschläge weit unter dem Betrage derselben im Juli liegen. Im Maingebiete oberhalb Miltenberg kamen 1886—1897 im Juli 13%, im März 64%, im Jahresdurchschnitte 29% des Niederschlages zum Abflusse. Die grössten Mainanschwellungen entstehen durch Überregenung des Gebietes bei gleichzeitigem Schneeabgange im Januar, Februar und März, wenn die Wasseraufnahme durch den Boden nicht bedeutend, die Verdunstung gering und der Verbrauch durch Pflanzen Null ist. Starke Überregenung ohne Schneegang bewirkt im Main nicht leicht bedeutende Anschwellung, daher sommerliche Hochwasser eine Seltenheit sind.

Die Beeinflussung der Wasserführung der Flüsse durch die Pflanzendecken. Hierüber hat Dr. E. Wollny eine interessante Studie veröffentlicht, die ihn zu folgenden Ergebnissen führt: [1])

1. Von den mit Pflanzen bedeckten Flächen enthalten die Wasserläufe insgesamt eine geringere Wassermenge zugeführt, als von kahlen oder mit einer schwachen Vegetationsdecke versehenen unter sonst gleichen Verhältnissen. Die Ursache hiervon ist darin zu suchen, dass der Boden unter den Gewächsen das Vermögen besitzt, grössere Quantitäten von Wasser aufzuspeichern, und dass derselbe durch die ausserordentlich starke Transpiration der Pflanzen während der Vegetationszeit bedeutend mehr Wasser verliert als der kahle.

2. Die lebenden Pflanzen verzögern sowohl die ober- als auch unterirdische Wasserableitung in mehr oder minderem Grade, weil dieselben mit ihren ober- und unterirdischen Organen dem auffallenden und absickernden Wasser entsprechende Hindernisse entgegensetzen, im Vergleiche zu dem nackten Lande, in welchem wegen Fehlens der Wurzeln die Geschwindigkeit der abgeführten Wassermassen eine ungleich grössere ist. Die Vegetation hat sonach die Bedeutung, dass dieselbe eine gleichmässigere Zufuhr des Wassers zu den Flüssen bedingt.

3. Die Abschwemmung von Erde oder Gesteinsschutt auf abhängigem Terrain wird durch die verschiedenen Pflanzenformen in einem meist ausserordentlichen Grade herabgedrückt, hauptsächlich aus dem Grunde, weil dieselben vermöge ihres Wurzelgeflechtes die Bodenelemente zu einer zusammenhängenden, den mechanischen Einwirkungen des Wassers gegenüber widerstandsfähigern Masse vereinigen und ausserdem den Wasserablauf verlangsamen. Deshalb werden vom bepflanzten Boden beträchtlich geringere Mengen von

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1900. p. 1878.

Erde und Schutt abgeführt, als vom kahlen oder mit einer ärmlichen Vegetationsdecke versehenen.

In vollkommenster Weise wirken die Pflanzendecken, mit Ausschluss der aus Ackergewächsen bestehenden, zweifellos auf die Geschiebeführung der Flüsse und erweisen sich hierdurch weit nützlicher, besonders hinsichtlich der Hochwasserstände, als infolge des Einflusses, welchen sie auf die Menge und die Geschwindigkeit des zugeführten Wassers ausüben. Es wird daher gesagt werden können, dass die in den oben angeführten drei Punkten näher präzisierten Erscheinungen für das Régime der Wasserläufe einen verschiedenen Wert besitzen, in spezie: dass im allgemeinen die durch die Pflanzendecken hervorgerufenen Abänderungen sich in geringstem Grade auf die Menge des abgeleiteten Wassers, in höherem Masse auf die Geschwindigkeit des letztern und am vollkommensten auf die mit dem Wasser fortgeführten Erd- und Gesteinsmassen erstrecken. Über die unter bestimmten lokalen Verhältnissen in Betracht zu ziehenden Beurteilungsmomente geben die detaillierten Darlegungen über die jeweils mitwirkenden Nebenumstände in obiger Abhandlung nähere Auskunft.

Für die in praktischer Hinsicht zu ergreifenden Massnahmen ergeben sich aus dem vorliegenden Materiale verschiedene wichtige Anhaltspunkte. In der Ebene tritt die Bedeutung der Pflanzendecken auf die Wasserführung der Flüsse wesentlich zurück, weil die Möglichkeit einer Beeinflussung der Wasserabfuhr und der Abschwemmung von Erde in den meisten Fällen unter derartigen Umständen nicht gegeben ist. Nur dort, wo der Boden eine grössere Durchlässigkeit besitzt, das Grundwasser infolgedessen leicht eine seitliche Bewegung erfährt, und gleichzeitig der Wasserspiegel in dem Flussbette so tief gelegen ist, dass dadurch ein Abfluss des Wassers aus den anliegenden Ländereien erfolgen kann, werden die Pflanzenkulturen sich von nützlicher Wirkung erweisen, soweit es sich um die Versorgung des Flusses mit Wasser handelt. Ein Einfluss auf die Fortführung von erdigen Bestandteilen ist hier ausgeschlossen. Ein solcher tritt erst in dem Masse hervor, als die Flächen stärker geneigt sind, und da in diesem Falle auch die Wirkung der Pflanzendecken auf die Bewegung des abgeführten Wassers in erheblicherem Grade sich geltend macht, so wird vornehmlich nur an Hängen der Vegetation eine bedeutungsvolle Rolle in Bezug auf die Wasserführung der Flüsse beizumessen sein. Unter den verschiedenen Kulturen verdient hier der Wald die höchste Beachtung, demnächst der aus perennierenden Gewächsen (Gras) zusammengesetzte Pflanzenbestand, während die Ackerkulturen in Rücksicht auf die mit denselben verknüpften Abschwemmungen am zweckmässigsten in stärker geneigten Lagen aufgelassen und mittels Aufforstungen oder Anlage von Wiesen und Weiden ersetzt werden. Auf Grund derartiger Erwägungen gelangt man zu dem Schlusse, dass die Erhaltung und

Schonung der aus perennierenden Gewächsen bestehenden Pflanzendecken, vor allem des Waldes, im Quellengebiete der Flüsse zu denjenigen Mitteln gehört, welche geeignet sind, dem bezüglich der Bodenkultur wünschenswerten Ausgleiche des zeitlich und örtlich auftretenden Mangels oder Überflusses von Wasser Vorschub zu leisten.

11. Seen und Moore.

Die Wärmeschwankungen der Seen. Gleichzeitige Thermometrische Messungen, welche auf O. Petterssens Anregung in nordeuropäischen Seen veranstaltet wurden, während P. A. Forel solche im Genfer See ausführte, haben letztern zu einigen interessanten Ergebnissen geführt.[1]) Er erhielt pro Quadratdezimeter Oberfläche und Tag in Kalorien als Wärmegewinn vom Winter zum Sommer des Jahres 1900 die nachstehenden Werte:

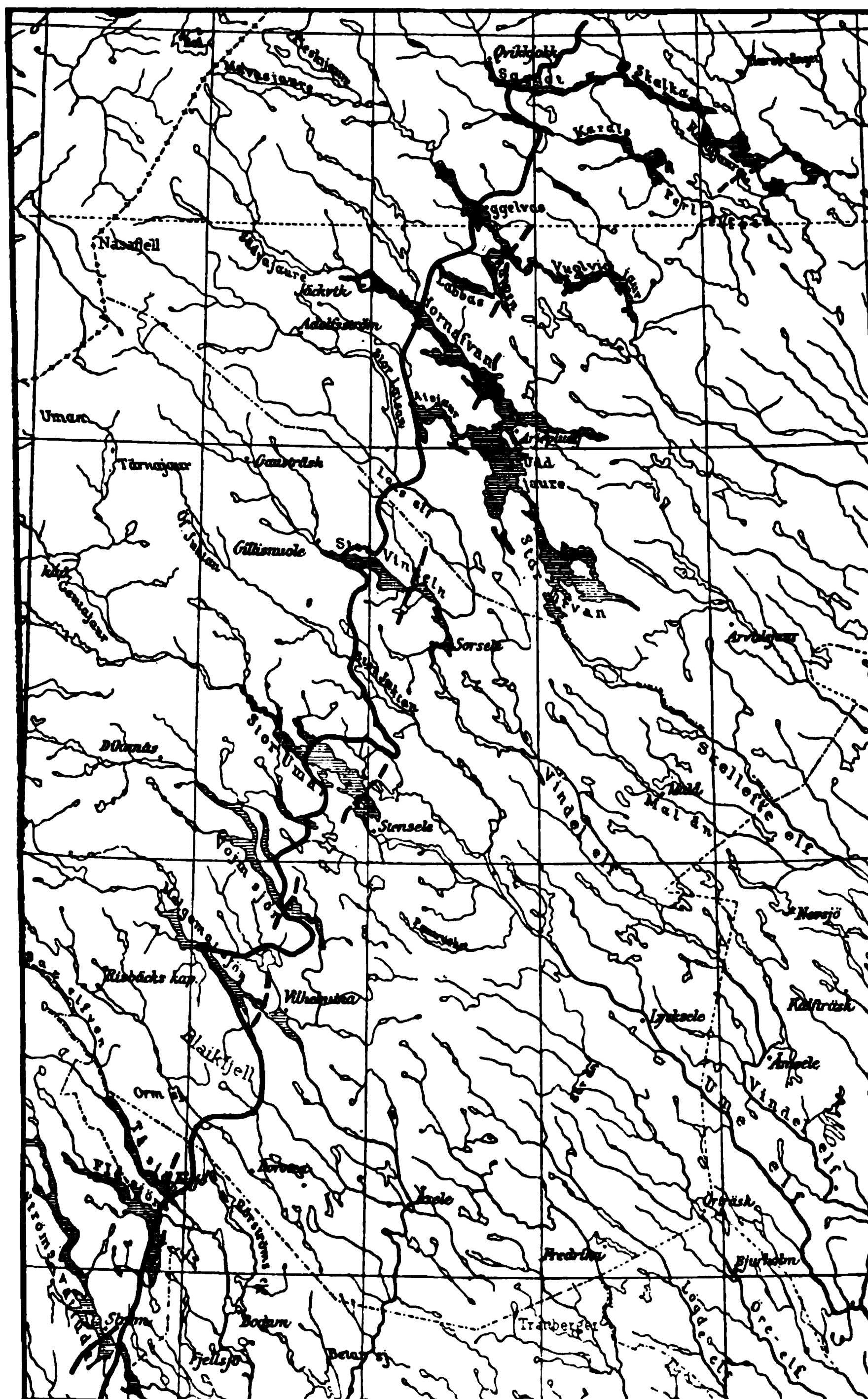
See	Breite	Zeitperiode	Wärmegewinn
Genfer See . .	46° 21′ N.	12. März bis 16. Aug.	19 Kal.
Loch Katrine .	56° 15′	10. » » 29. Juli	29 »
Mjösen . . .	60° 22′	18. April » 10. Sept.	34 »
Ladoga 7 . .	61° 22′	25. » » 29. Juli	55 »
Ladoga 8 . .	61° 24′	24. » » 29. »	62 »
Enare . . .	69° 8′	10. März » 6. Aug.	68 »

Diese Zahlen lehren, dass die Amplitude der jährlichen Wärmeschwankung eine Funktion der Breite ist, ein Gesetz, das auch wie folgt ausgesprochen werden könnte: »Die jährliche Wärmeschwankung ist Null am Äquator und am grössten am Pole«. Wahrscheinlich ist es ebenso gut anwendbar auf die Temperatur des Bodens und der Luft, wie auf die Wassertemperatur.

Weiter ergiebt sich, dass während im Genfer See die jährliche Wärmeschwankung die obere Wasserschicht nur bis zur Tiefe von 100—120 *m* betrifft, sie in den nördlichern Seen tiefer steigt, bis auf mehr als 150 *m* im Loch Katrine (Schottland), bis über 200 *m* im Mjösen (Norwegen) und im Ladoga von Finnland und Russland. Es scheint also, dass die Tiefe, bis zu welcher die Wärme eindringt, gleichfalls wächst als Funktion der Breite; doch bedarf diese Folgerung noch der Bestätigung durch neue Beobachtungen.

Diese Gesetzmässigkeiten, welche aus dem Studium der Wärme in den Süsswasserseen sich leicht ergeben haben, zeigen sich nicht in den Wärmemessungen, welche gleichzeitig in der Ostsee oder im Schwarzen Meere ausgeführt wurden. Anscheinend ist es von Vorteil, derartige Untersuchungen in Süsswasserbehältern auszuführen als im offenen Meere. Denn die Seen sind geschlossene und isolierte Becken, während im Meere Oberflächen- und Tiefenströmungen Wärme-

[1]) Compt. rend. 1900. 132. p. 1089.



Ed. Hch. Mayer, Verlag. Leipzig.

Jahrbuch XII, 1
Tafel III.

Übersichtskarte über die nordschwedische Seenkettenregion.

Die von K. Ahlenius untersuchten Seen sind durch Schraffierung bezeichnet. Die Grenze zwis[...] Grundgebirge und Hochgebirgsformationen (Algonkisch-Silurisch) wird durch die ganz gezo[...]

austausch und Mischungen veranlassen, welche die Einfachheit und Regelmässigkeit der Thatsachen stören. Ferner haben die Süsswasserseen gleichmässige chemische Zusammensetzung und daher auch gleichmässige Dichte, die Schichtung ist in ihnen eine gleichmässige.

Seenforschung in Pommern. Über die Ergebnisse seiner wissenschaftlichen Durchforschung der pommerschen Seen hat Dr. W. Halbfass eine zusammenfassende Darstellung gegeben.[1])

Es wurden im ganzen 150 Seen ausgelotet, von weitern 22 bereits von Prof. Keilhack und seinen Gehilfen ausgeloteten Seen und von 107 andern Seen morphometrisch und geographisch wichtige Angaben zusammengestellt. Diese 279 Seen bedecken zusammen 504 *qkm* (= 70 % aller Pommerschen Seen), beschränken sich aber auf den Bezirk Köslin und die östliche Hälfte des Bezirkes Stettin. Der Zahl nach sind am seenreichsten die Kreise Neu-Stettin, Dramburg und Bütow, der Fläche nach Neu-Stettin, Stolp, Dramburg und Köslin.

Die Strandseen bedecken ungefähr 174 *qkm*, die der Drage tributären 68 *qkm*, zur Küddov gehören 66 *qkm*, zur Plöne 40 *qkm*; die abflusslosen Seen nehmen 44 *qkm* ein, 0,7 % wässern nach zwei Strömen, nämlich zur Rega und zur Drage ab. Der Zahl nach umfassen die Höhenstufen von 180—150 *m* die meisten Seen, nämlich 28 %, dem Flächeninhalte nach dagegen die tiefstgelegene Stufe von 0—1 *m*, 35 %. Während die Seen dieser Stufe durchschnittlich 1760 *ha* gross sind, sind sie in der Stufe 140—150 *m* nur 98 *ha*, in der höchsten Stufe 190—200 *m* nur 15 *ha* gross. Der höchst gelegene der untersuchten Seen ist der Pyaschen-See mit 198 *m* Meereshöhe, doch giebt es in der Nähe des Dorfes Breitenberg mehrere Seen über 200 *m* Höhe. Grösser als 10 *qkm* sind: der Leba-See, Madü-See, Garder-See, Jamunder-See, Dratzig-See, Vilm-See, Buckow-See und Gr. Lübbe-See. Mehr als 40 *m* tief sind: Dratzig-See (83 *m*), Gr. Pielburger See, Zetzin-See, Lübbe-See, Madü-See, Enzig-See und Gr. Papenzien-See; nur der Dratzig-See und der Madü-See erreichen eine mittlere Tiefe von 20 *m*. Mehr als 100 Millionen cbm Wasser fassen der Madü-See, Dratzig-See, Lübbe-See, Leba-See, Pielburger See, Zetzin-See und Wotschwin-See. Der mittlere Böschungswinkel geht nur bei einer Reihe kleiner Seen über 10° hinaus, bei 70 % erreicht er noch nicht 5°; 15 % aller untersuchten Seen enthalten Inseln, die beim Gr. Lubow-See $^1/_5$ des Areales ausmachen. Der Vilm-See ist der absolut inselreichste (127 *ha*).

Über die glaziale Entstehungsursache der behandelten Seen, wenn man von den Strandseen absieht, besteht im allgemeinen kein Zweifel mehr; im einzelnen gehen dagegen die Meinungen noch ziemlich weit auseinander. Während Wahnschaffe die baltischen Seen in Grundmoränenseen, Stauseen, Rinnenseen, Erosionsseen, Faltenseen, Eiserosionsseen und Einsturzseen einteilt, kennt Keilhack nur die drei zuerst genannten Formen. Auf Grund seiner Lotungsarbeiten und zugleich mit Rücksicht auf die Oberflächenformen des die Seen umgebenden Landes möchte W. Halbfass davor warnen, jeden einzelnen See in eine bestimmte Kategorie hineinzupressen; vielmehr scheint ihm ein sehr grosser Teil der Seen gemischten Ursprunges und zu ganz verschiedenen Zeiten entstanden zu sein. Unter den treibenden Ursachen, welche den grössten Teil der baltischen Seen geschaffen haben, legt er Gewicht 1) auf die Aufschüttungsmassen der sich zu verschiedenen Zeiten teils schneller, teils langsamer zurückziehenden

[1]) Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin 1901. p. 282.

Gletscher, 2) auf die Erosionsfähigkeit der den schmelzenden Gletschern subglazial entströmenden Wassermassen und 3) auf den Umstand, dass durch zeitlich verschiedene Wirkungen der Zustand der Seebecken häufig Änderungen erlitt. Er erläutert dies durch das Beispiel des Dratzig-Sees. Die in zwei Rinnen aus dem baltischen Gletscher entströmenden Wassermassen, die jetzige Kalenberger und die Charlottenhofer Bucht, fanden eine verhältnismässig flache, nach Süden zu ansteigende Ebene vor, die sie zunächst ausfüllten und dadurch einen Stausee von gleichmässiger Tiefe erzeugten. Nun trafen die Gewässer das Gebiet der Grundmoränenlandschaft mit zahlreichen Diluvialhügeln, welche von der Erosion des Eises noch nicht völlig überwältigt waren; sie wurden dadurch gezwungen, durch verhältnismässig enge Kanäle mit grosser Gewalt abzufliessen, und höhlten dadurch jene merkwürdigen kesselartigen Vertiefungen aus, denen wir in den Pommerschen Seen so häufig begegnen. Zu einer Zeit, da der Wasserstand der Grundmoränenseen noch erheblich höher war, besassen dieselben in der Mehrzahl noch Abflüsse, welche, je nach ihrer Mächtigkeit, im Sandgebiete sanftere oder energischere Erosionsfurchen gruben und so jene Rinnenseen bildeten, die weiter im Osten sehr zahlreich, in Pommern jedoch nur mässig häufig vertreten sind. So erhellt, dass ein einziger See, wie z. B. der Dratzig-See, Zetzin-See, Enzig-See, Gr. Lübbe-See, Wotschwin-See nicht einen Typus verkörpern, sondern eine ganze Reihe von Typen. Jene Rinnen finden ihr natürliches Ende meist dadurch, dass die fortgerissenen Sandmassen dort liegen blieben, wo die Neigung des Terrains gleich Null wurde, in sehr vielen Fällen jedoch auch dadurch, dass sich bei einer Veränderung im Zustande des Gletschers eine andere Rinne quer oder schräg vor die erste legte, sie dadurch teilweise zudämmte oder wenigstens Aufschüttungen im See selbst hervorbrachte, welche die ursprüngliche Rinne in mehrere Teilrinnen zerlegte. Durch Verlegung solcher Erosionsfurchen bildeten sich häufig erst die heutigen Grundmoränenseen.

Es ist daher der Satz Keilhacks, dass die Rinnenseen einfache Mulden darstellen, in denen der tiefste Punkt zumeist in der Mitte liegt, in dieser Allgemeinheit ausgesprochen, keineswegs richtig. Allerdings giebt es auch von dieser Form in Pommern Beispiele. Von den Rinnenseen im allgemeinen möchte Halbfass einen besondern Typus ausscheiden und Flussseen nennen; darunter versteht er im Gegensatze zu den eigentlichen Dolgen-Seen mit schmaler Sohle und flacher Böschung mässig breite Seen mit grosser, ebener Sohle und steil abfallenden kurzen Rändern, die wesentlich ein verbreitertes Flussbett darstellen. Sie sind repräsentiert z. B. durch den Reppow-See, Prössin-See, Altenwalder Dolgen-See, Gr. Damen-See, Wangerin-See, Plöne-See.

Was die Grundmoränenseen angeht, so teilt er Ules Ansicht, dass die Oberflächengestalt unterhalb des Seespiegels vollständig derjenigen oberhalb desselben entspricht, so dass ein Steigen oder Sinken des Wasserspiegels den Charakter der Landschaft nicht zu verändern im stande sei, nicht; es geht vielmehr aus den Tiefenkarten, z. B. des Dratzig-Sees, Zetzin-Sees, Gr. Lübbe-Sees die grosse Verschiedenheit des Terrains im See und auf dem Lande sehr deutlich hervor, dasselbe ist bei der Umgebung vieler rinnenartigen Seen der Fall. Halbfass neigt der Ansicht zu, dass bei der Bildung und durch die Bildung der Seen, infolge des ungleich verteilten Aufschüttungsmateriales die Oberfläche des unter Wasser gesetzten Landes ganz erhebliche Änderungen erfuhr im Gegensatze zu denjenigen Gegenden, die festes Land blieben, was schon daraus hervorgeht, dass der Geschiebemergel unter Wasser weit seltener vorkommt als oberhalb und meist von einer mehr oder weniger dicken Sandschicht abgelöst wird. Die Zahl der Grundmoränenseen im weitern Sinne ist in Pommern sehr gross, am deutlichsten wird dieser Typus vielleicht ver-

treten durch den Gr. Kämmerer-See. Auch Stauseen finden sich ziemlich häufig, meist sind sie recht flach, z. B. der Vilm-See, Sommin-See, Rosenfelder See, Borner See, doch erreichen sie auch zuweilen, wie im Vilm-See, Rummelsburger Stüdnitz-See, Dratzig-See, Hinter-See, eine Tiefe von einigen 20 *m*. Die fast in allen Seentypen vorkommenden lochartigen Vertiefungen möchte Halbfass der ausstrudelnden Wirkung der Wasserströme zuweisen, also der Evorsion im Sinne von Geinitz. Als besonders hervorragende Beispiele führt er an die Evorsionen im Dratzig-See, Zetzin-See, Babrow-See, Wucker-See. Düp-See, Düpen-See, Glambeck-See, Gr. Lubow-See, Dampen-See, Henkenhagener Mühlen-See und Fünf-See I und II. Bei den letzten beiden, die der Wurzel des ehemals vergletscherten Hauptkammes sehr nahe liegen, ist er im Zweifel, ob man nicht die lochartigen Vertiefungen in ihnen direkt der Gletscher-Erosion zuschreiben, sie also auf gleiche Stufe z. B. mit dem Feldberg-See im Schwarzwalde und den beiden Teichen im Riesengebirge stellen soll.

Die Temperaturmessungen ergaben, dass eine völlig gleichmässige Abkühlung eines Wasserbeckens auf + 4° C. möglich ist, was Richter in seinen „Seestudien" bestritten hatte; denn der Dratzig-See zeigte am 1. Januar 1901 bei einer Lufttemperatur von — 7,5° von 0 bis 77 *m* Tiefe + 4°. Im übrigen sind die Wintertemperaturen in flachen Seen, je nach der absoluten Tiefe der gemessenen Stelle, in derselben Tiefe erheblich voneinander verschieden; dasselbe ist mit der Temperatur tieferer Schichten in den Herbstmonaten der Fall. Tiefe Seen nehmen im Herbste bedeutend höhere Temperaturen in tiefern Schichten an, als der Bodentemperatur entspricht; man kann daher aus blossen Temperaturmessungen keinen Schluss ziehen, ob die betreffenden Seen durch Grundwasser gespeist werden. Die Diathermanität sehr klaren Wassers konnte einmal im Gr. Kremmin-See bei Falkenburg deutlich beobachtet werden; der Düpen-See und der Babrow-See zeigten im Hochsommer poikilothermes Verhalten; die intensivste Sprungschicht wurde im Prinzessin-Teich beobachtet, hier nahm die Temperatur von 1 auf 2 *m* um 7° ab.

Von den Binnenseen hat der Madü-See erheblich weniger Frosttage als die übrigen, der Jamunder See friert länger zu als der Leba-See, trotzdem er weiter westlich liegt. Im Winter 1899—1900 hatten die Strandseen, im folgenden Winter die tiefern Binnenseen eine längere Eisbedeckung. Die Windverhältnisse spielen dabei eine entscheidende Rolle. Offene Stellen sonst zugefrorener Seen entstehen an solchen Punkten, wo durch zu geringen Windschutz die wärmern Schichten unterhalb der Oberfläche sich ungehindert mit der Oberflächenschicht vermischen können.

Die Durchsichtigkeit wird in erster Linie durch die Menge des Plankton, in Sonderheit des Phytoplanktons, der obersten Schichten bedingt; sehr zahlreiche Untersuchungen stellten dies Resultat als unzweifelhaft hin, die Temperatur, Tiefe, chemische Beschaffenheit des Wassers und des Bodens wirken nur sekundär. Von den drei atmosphärischen Faktoren: Bewölkung, Wind und Regen, ist der Wind der stärkste, die Bewölkung der geringste. Die grösste beobachtete Durchsichtigkeit ist die des Madü-Sees im Februar 1900 mit 9 *m* und des Calenzig-Sees im Juni 1900 mit 9,1 *m* gewesen; im Glambeck-See war am 1. Juni und im Gr. Kremmin-See am 31. Oktober die Scheibe in je 8 *m* Tiefe noch sichtbar. Die eigentümliche Erscheinung der *taches d'huile* beruht auf Interferenz der Wellen, die infolge kleiner Differenzen im spezifischen Gewichte des Wassers entstehen. Diese Differenzen werden wieder durch geringe thermische Unterschiede infolge wechselnder Beschattung und direkter Besonnung verursacht.

Der Salzgehalt geht in Binnenseen nicht über 10 Teile auf 100000 Teile hinaus, beträgt aber meist 3—5 Teile, neben örtlichen Schwankungen

mit zunehmender und abnehmender Tiefe sind auch Jahresschwankungen sehr deutlich bemerkbar.

Die absolute Härte steigt in den meisten Fällen mit der Tiefe; die Durchflutung mit Flusswasser spielt keine Rolle, ebensowenig die thermischen Unterschiede, wohl aber die Wirkung des Phytoplanktons. Durch Reduzierung der Kohlensäure werden die als Bikarbonate im Wasser vorhandenen gelösten Calcium- und Magnesiumsalze niedergeschlagen und von dem Tiefenwasser gebunden, weil das dort vorhandene organische Leben Sauerstoff absorbiert.

Die Oxydierbarkeit des Wassers unterliegt örtlich wie zeitlich sehr grossen und sehr starken Schwankungen; im Herbste ist sie in tiefern Seen erheblich grösser als in flachen.

Überreicherung von Sauerstoff wurde nur selten angetroffen im Gegensatze zu dem hohen Sauerstoffgehalte mancher Dorfteiche und Schmutzwässer, die sich also in dieser Beziehung von eigentlichen Seen ganz wesentlich unterscheiden. Der Einfluss der Schneedecke einerseits, des direkten Sonnen- und Mondlichtes anderseits unter Eis war ganz deutlich zu merken. Übernormaler Gehalt von Sauerstoff wurde fast nur in ganz seichten und sehr planktonreichen Seen beobachtet."

Periodische Spiegelschwankungen des Starnberger Sees sind von H. Ebert nachgewiesen worden[1]) auf Grund der Registrierungen eines vom 7. Juli bis 10. September 1900 am Nordostufer des Sees aufgestellten Sarasinschen Limnimeters. Aus den Kurven desselben schliesst Verfasser folgendes:

1. Das Seichesphänomen ist am Starnberger See in unzweifelhafter Weise und in durchaus typischer Form ausgeprägt.

2. Die Schwingungen, welche die gesamte Wassermasse fast ununterbrochen ausführt, sind reine, d. h. einem Sinusgesetze folgende, harmonische Pendelschwingungen, und zwar stehende Schwingungen im Sinne der Forelschen Theorie.

3. Vorhanden ist zunächst eine Haupt- oder Grundschwingung von rund 25 Minuten voller Periodendauer (Hin- und Hergang). Es ist die Längsschwingung des ganzen Sees; sie ist einknotig, uninodal, und erzeugt immer entgegengesetzte Schwingungsphasen an den beiden Seeenden. Die Knotenlinie dürfte etwa bei Tutzing quer über den See laufen.

4. Die aus dem Längsprofile mit Zugrundelegung der Merianschen Formel berechnete Schwingungsdauer (24 Minuten) stimmt so genau mit der wirklich gefundenen (Mittel aus 946 Messungen 24,98 Minuten) überein, dass die Forelsche Theorie durch die vorstehende Untersuchung eine neue Bestätigung erhält.

5. Das »Rinnen« des Starnberger Sees, welches sich besonders durch eine auffallend starke Unterströmung in beiden Richtungen geltend macht, scheint mit dem grossen Deplacement erheblicher Wassermassen bei der Seichesbewegung im engsten Zusammenhange zu stehen.

---

[1]) Sitzungsberichte d. Münchner Akad. d. Wiss. 1900. p. 435.

6. Ausser der Grundschwingung ist noch eine Oberschwingung von etwas weniger als $^2/_3$ Schwingungsdauer der Grundschwingung vorhanden; die genaue Periodendauer beträgt $15^3/_4$ Minuten. Das Intervall beider Schwingungen ist demnach kein einfaches harmonisches, sondern liegt zwischen Quinte und Sext.

7. Bei beiden Schwingungen ist die Schwingungsdauer unabhängig von der Amplitude; das Gesetz des Isochronismus der Pendelschwingungen gilt also auch hier.

8. Beide Schwingungssysteme machen sich meist gleichzeitig geltend, freilich mit sehr wechselnden Amplitudenverhältnissen und den mannigfachsten Phasenverschiebungen. Es entstehen »dikrote Schwingungen« der verschiedensten Art. Sie sind aber immer in ihre beiden Komponenten auflösbar und zeigen dann, dass das Prinzip der Koexistenz elementarer Schwingungsbewegungen auch noch bei der Interferenz dieser 39, bezw. 25 *km* grossen Wellenlängen gilt.

9. Von meteorologischen Einflüssen, welche unmittelbar kräftige Seichesschwingungen erregen können, sind bisher besonders plötzlich eintretende Luftdruckänderungen (z. B. Gewitternasen) hervorgetreten.

Der Würmsee (Starnberger See) in Oberbayern ist von Prof. W. Ule seit 1898 alljährlich besucht und bezüglich seiner allgemeingeographischen Verhältnisse studiert worden. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen liegen nun in einer grössern Monographie vor.[1]) Aus derselben können hier nur die Hauptergebnisse und die von Prof. Ule selbst gegebene Zusammenstellung Platz finden:

»Der Würmsee oder Starenberger See liegt auf der oberbayerischen Hochebene innerhalb der Moränenlandschaft der letzten diluvialen Vergletscherung. Er bildet die tiefste Senke eines vielgestaltigen Geländes, das östlich des Sees steil, westlich allmählich in Terrassen aufsteigt. Sein Zuflussgebiet ist sehr klein, es umfasst nur 240 *qkm*. Der Abfluss erfolgt durch die Würm, die etwa 50% des im Seegebiete fallenden Niederschlages abführt.

Im Südwesten des Sees, westlich von Seehaupt, liegt eine echte Drumlinslandschaft.

Das Seebecken stellt sich nach den neuen Lotungen im südlichen Teile als eine breite Mulde mit sanften Gehängen, im nördlichen dagegen als eine tiefe Rinne dar, deren Gehänge nach Osten bis zum Seespiegel steil ansteigen, nach Westen sich terrassenförmig erheben. Hierin zeigt sich eine vollkommene Übereinstimmung in dem Relief des Bodens unterhalb und oberhalb des Wassers. Das Becken selbst besitzt einen deutlichen Schweb. Die flache Litoralzone ist meist sehr schmal, eine echte Wysse im allgemeinen nur am Ostufer vorhanden.

[1]) Wissenschaftl. Veröffentlichgn. d. Vereins f. Erdkunde zu Leipzig. Der Würmsee, eine limnologische Studie v. Willi Ule. Mit Atlas. Leipzig 1901.

Der See misst nach den amtlichen Angaben 57.3, nach planimetrischer Vermessung der Positionsblätter 57.1 *qkm*. Seine Umrisslinie zeigt eine sehr geringe Gliederung. Der Umfang beträgt rund 49.5 *km* und ist 1.87 mal grösser als der kleinstmögliche.

Die Meereshöhe des mittlern Wasserspiegels ist 584 *m*, die des tiefsten Grundes 461 *m*. Die Maximaltiefe ergiebt sich demnach zu 123 *m*. Die mittlere Tiefe wurde zu 54 *m*, der Inhalt des Beckens zu 3100 Mill. *cbm*, die mittlere Böschung zu 3° 40′ berechnet.

Die obersten Ablagerungen in der Seeumgebung gehören fast durchweg dem Diluvium an, das Becken selbst aber ist vermutlich ganz in den tertiären Flinz eingebettet. Auf diesem lagert der Deckenschotter, der auf der Ostseite bis zu einer Höhe von 50 *m* aufragt. Die Senken im Deckenschotter sind meist mit Schottern der spätern Eiszeiten ausgefüllt. Über alle diese Ablagerungen hinweg ist als oberste Decke die Moräne der letzten Vergletscherung ausgebreitet. Sie bedingt die eigentümlichen Bodenformen im See wie in der Seeumgebung. Die Gesteinsschichten scheinen nicht mehr in völlig ungestörter Lage sich zu befinden. Ihr gegenwärtiges geringes Ansteigen nach den Alpen hin, die grosse Senke vor dem Gebirge selbst und die mehrfach vorhandenen toten Flussthäler, sowie die offenbar postglaziale Ablenkung der Fussläufe deuten auf eine späte Krustenbewegung im Gebiete der Alpen und ihres Vorlandes.

Seit dem Rückzuge des Gletschers hat das Gelände nur noch geringe Änderungen erfahren. Das Becken selbst ist jedoch noch während und nach der letzten Eiszeit umgestaltet worden, vor allem wurde das obere und untere Ende noch mit Schottern und Moränenschutt ausgefüllt.

Der Seegrund wird in der Tiefe überall von einem thonigmergeligen Sehlicke gebildet, der in reichen Mengen Seeerz enthält. In der Litoralgrenze bedecken meist Gerölle den Boden, unter denen sich von Mückenlarven erzeugte Furchensteine finden.

Aus den morphologischen und geologischen Verhältnissen ergiebt sich folgende Entstehung des Sees: Der See ist eine alte Erosionsrinne, die durch fliessendes Wasser gebildet wurde; die Entstehung der Rinne fällt in die Zeit zwischen dem Rückzuge des vorletzten und dem Vorrücken des letzten diluvialen Gletschers. In die Rinne legte sich der vorrückende Gletscher und schützte sie vor Ausfüllung. Am Ende des Gletschers wurde durch die Stirnmoräne das Thal abgedämmt und so das Becken geschaffen. Gleichzeitig wurde vermutlich durch ein Einsinken des Landes nach den Alpen hin die Sohle der Rinne in eine niedere Meereshöhe gebracht und das voralpine Flusssystem verändert, wodurch das Becken vor der Ausfüllung mit Schutt bewahrt blieb.

Für die glaziale Erosion ergaben sich aus der Gestalt des Beckens wie aus den geologischen Befunden keine zwingenden Beweise. Da-

gegen sprechen die morphologischen Verhältnisse im See und in dessen Umgebung deutlich für die Bildung der Hohlform durch Wassererosion.

Der Würmsee ist hiernach ein sekundäres Becken, das erst durch Abdämmung einer durch fliessendes Wasser geschaffenen Rinne gebildet wurde. Da in den bisherigen Klassifikationen der Seen derartige sekundäre Bildungen nicht in genügender Weise Berücksichtigung gefunden haben, so gab die Untersuchung über die Entstehung des Würmsees Veranlassung zur Aufstellung eines neuen Systems der Seen, in denen die primären und sekundären Gebilde zwei Hauptgruppen darstellen, und die Art der seebildenden Vorgänge das weitere Einteilungsprinzip liefert.

In dem verhältnismässig tiefen See erfährt das Wasser während des Sommers nur in den obersten Schichten eine starke Erwärmung. Es bildet sich im Sommer eine deutliche Sprungschicht, die bis zum Herbste bestehen bleibt. Die sommerliche Erwärmung dringt im allgemeinen bis zu grossen Tiefen, zuweilen bis zum Grunde vor. An der Oberfläche wird das Wasser des von flachen Ufern umgebenen, also reich bestrahlten Beckens stark erwärmt. Das beobachtete Maximum beträgt 23.9⁰. Im Winter kühlt sich das Wasser nur nach längern Kälteperioden bis zum Gefrierpunkte ab; dann überzieht sich der See bei ruhigem Wetter auch mit einer Eisdecke.

Die Temperatur ist gleichzeitig an verschiedenen Punkten des Sees nicht dieselbe. Sowohl an der Oberfläche wie auch in den gleichen Tiefen zeigen sich erhebliche Unterschiede. Die Flächen gleicher Temperatur sind wellig und sanft ansteigend.

Die Sprungschicht ist erst vom Juni an deutlich ausgeprägt, sie erscheint zuerst nahe der Oberfläche und senkt sich dann bis zum Oktober allmählich immer tiefer ein. Neben der Hauptsprungschicht, der jährlichen, bemerkt man häufig sekundäre Sprungschichten, die als periodische oder tägliche zu bezeichnen sind. Von Jahr zu Jahr tritt die Sprungschicht annähernd in gleicher Tiefe auf.

Ein Vergleich mit andern Seen ergiebt, dass die Temperaturverhältnisse im Würmsee wesentlich durch die Lage innerhalb eines Hügellandes, sowie durch die geringe Klarheit des Wassers bedingt werden. Die Hauptursache der Erwärmung der gesamten Wassermasse ist die Sonnenstrahlung.

Ausser im Würmsee wurden noch im Schliersee, Walchensee, Achensee und Königsee thermische Messungen vorgenommen. Die Ergebnisse zwingen zu einer neuen Klassifikation der Seen nach ihren vertikalen Temperaturverhältnissen.

Eine beständige Zunahme der Wärme unmittelbar am Grunde konnte im Würmsee nicht festgestellt werden. Eine solche ist nur im Königsee gefunden worden. Die Erklärung dieser Erscheinung von Richter, der sie für eine Wirkung der Erdwärme hält, kann noch nicht als befriedigend angesehen werden.

Das Wasser des Sees hat eine grüne Farbe, die im Winter etwas mehr ins Blaue, im Sommer ins Gelblichbraune spielt. Nach der Forel-Uleschen Skala liegt sie zwischen 8 und 13. Nach den Beobachtungen mit einer neuen Skala ergiebt sich die Farbe im Sommer als eine durchaus grüne, in der jedoch auch etwas Braun enthalten ist. Die Ursachen der Wasserfarbe sind die mechanische Trübung durch feinste suspendierte Teilchen, der Gehalt an organischen Lösungen und die optischen Einflüsse thermischer Strömungen.

Die Sichttiefe liegt im Sommer bei 3—4 *m*, im Winter bei 14 *m*. Die Grenze des Lichtes wurde im September etwa bei 60 *m* gefunden. Die sommerliche Verminderung der Sichttiefe ist in erster Linie auf die optische Trübung des Wassers durch die thermischen Strömungen zurückzuführen.

Unter der Wirkung des Windes bilden sich auf dem See Wellen, die im allgemeinen bei Wind bis zur Stärke 8 der Beaufortschen Skala eine Höhe von 20—30 *cm* erreichen. Ausserdem sind jetzt mit Hilfe eines selbstthätigen Limnimeters durch H. Ebert auch stehende Wellen, Seiches, beobachtet worden.

Innerhalb des Seebeckens stellen sich auch horizontale Bewegungen, Strömungen, ein, die durch dynamische und thermische Störungen des Gleichgewichtes zu erklären sind. Zu ihnen gehört vermutlich das sogenannte „Rinnen des Sees".

Die Wasserstandsänderungen lehren, dass der See vorwiegend unmittelbar durch das Regenwasser gespeist wird. Die absolute Schwankung des Wasserstandes beträgt 1.58 *m*, die absoluten Schwankungen in den einzelnen Jahren liegen zwischen 0.24 und 0.97 *m*; die mittlere Jahresamplitude erreicht 25 *cm*, der niedrigste Wasserstand fällt auf den Februar, der höchste auf den August.

Nach der von A. Schwager ausgeführten chemischen Analyse geben 1000 *g* Wasser des Sees 0.1392 *g* Trockenrückstand, von dem 45.7% Kalk und Magnesia, 41.3% Kohlensäure und organische Substanz sind.

Über Seiches im Vierwaldstätter See berichtete Sarasin.[1]) Von Juli bis Dezember 1897 war sein Limnograph in Luzern aufgestellt, von Anfang Mai 1898 bis Ende Mai 1899 in Flüelen. In Luzern waren die Resultate wohl wegen der Unregelmässigkeit des Sees von den beiden Nasen bis dahin ziemlich unregelmässig. Die grösste uninodale Periode hatte im Durchschnitte eine Schwingungsdauer von $44^3/_4$ Minuten, die binodalen Schwingungen dauerten durchschnittlich 24,4 Minuten. Daneben traten noch Schwingungskurven von kürzerer Dauer, im Mittel von 11 Minuten auf, deren Ursprung noch unaufgeklärt ist. Die Grösse der Schwankungen des Seespiegels beträgt meist nur wenige *mm* bis 2 *cm*, steigt aber

[1]) Geogr. Zeitschr. 1901. p. 52.

unter besondern Umständen auf 10 — 12 *cm*. Sehr regelmässig zeigten sich die Seiches an der zweiten Beobachtungsstelle, die uninodalen mit einer Dauer von 44,5 Minuten, also nahezu der gleichen wie von Luzern aus beobachtet wurde. Es verhält sich also das Seebecken trotz seiner komplizierten Form wie ein langer, gebogener Kanal, der trotz der Biegung in Brunnen und bei den Nasen ohne Abteilungen schwingt; ein sehr interessantes und ziemlich unerwartetes Resultat. Die Dauer von 44 Minuten stimmt mit der theoretisch berechneten gut überein.

Geophysikalische Untersuchung der Seenkettenregion in Schwedisch-Lappland. Die grosse Seenregion in Schwedisch-Lappland und Nordschweden liegt in einer Entfernung von der bottnischen Küste von etwa 150—200 *km* und erstreckt sich in der Richtung von SW—NO parallel den Skandinavischen Hochgebirgen über eine Strecke von wenigstens 600 *km* Länge. Der Torneträsk ist der nördlichste See dieser Zone, die auch die weiter im Süden gelegenen jämtländischen Seen umfasst; demnach liegt diese Seenregion zwischen 63° 20′—68° 30′ n. Br. Die Geologie dieses Gebietes in Bezug auf Norrbotten haben u. a. Fr. Svenonius und P. Holmqvist untersucht: die geologischen Verhältnisse in Westerbottens Lappmark sind neuerdings von C. Wiman studiert, aber noch nicht veröffentlicht. Dagegen ist den in vielen Beziehungen sehr interessanten lappländischen Seenketten wie den Seen in Jämtland und Ångermanland bisher wenig Aufmerksamkeit zu Teil geworden. Es liegen nur zur Kenntnis der Fischereiverhältnisse in einigen dieser Seen einzelne Untersuchungen von V. Wahlberg[1]) vor, der allerdings auch Notizen über Tiefen- und Temperaturverhältnisse der von ihm besuchten Seen mitgeteilt hat.

Um Beiträge zur erweiterten Kunde der somit noch immer betreffs ihrer Bodenkonfiguration wenig bekannten lappländischen Seenketten liefern zu können, hat Karl Ahlenius in den Jahren 1899—1900 Lappland, Ångermanland und Jämtland bereist.[2]) Im Sommer 1899 fuhr er zuerst die kleine Lule Elf aufwärts, wobei die ganze Seenreihe dieses Stromes bereist wurde; am längsten hielt er sich am Saggatjaure auf und besuchte auch die Gegenden westlich von diesem See, das Thal des Tarrajokk. Dann ging er vom Saggat aus gegen Süden ins obere Thal der Perl Elf, wanderte über das Skeltavareplateau und erreichte die Seen Tjeggelvas und Rappen im Gebiete der Pite Elf. Über die Wasserscheide zwischen Pite- und Skellefte Elf gelangte er an das grosse Seensystem Hornafvan—Uddjaur—Storafvan, reiste den Hornafva-See aufwärts

---

[1]) Notiser om djup och temperaturförhållanden i några Lappmarkssjöar, Svensk fiskeritidskrift 1894. p. 156.

[2]) Bulletin of the Geolog. Publikation of the Univers. of Upsala 1901. 5. I. No. 9. p. 28 ff.

bis zum Nordwestende, dann die südlichern Seen abwärts bis nach dem südöstlichen Ende des Storafvans. Im Sommer 1900 hat er zuerst die Seen in „Nordjämtland (Ströms Vattudal und den Flåsee) wie auch den Tåsee in Angermanland“ besucht; dann ging er über das Blaikgebirge ins Thal der Angerman Elf, wo er die Wolg-, Malgomaj- und Wojmseen befuhr; den Malgomaj-See hat er bis auf sein Nordwestende genau untersucht. Von „dem Wojmsee aus gelangte er über die Wasserscheide zwischen Angerman Elf und Ume Elf mit ihren sehr eigentümlichen gegen Westen fliessenden Gewässern an den grossen See Storuman und reiste diesen See aufwärts bis nach seinem Nordwestende bei Slussfors.

Die Hauptzwecke seiner Reisen waren, die Tiefen- und Temperaturverhältnisse der obenerwähnten Seensysteme zu untersuchen und zu beobachten. Die Tiefenmessungen, von denen über 1000 vorliegen, wurden mit Leine und Senkblei bewerkstelligt; die Abstände der Observationen durch Rechnen der Ruderschläge oder durch Berechnung der Zeitdifferenzen (bei Fahrten mit Dampfschiff) wie auch durch Orientierung auf den topographischen Karten bestimmt. Die Messungen der Tiefentemperaturen sind mit dem Umkehrthermometer von Negretti und Zambra ausgeführt; die Höhen durch Barometerablesungen berechnet.

Auf der hier beigegebenen Tafel ist eine Übersichtskarte der nordschwedischen Seenkettenregion gegeben, und die untersuchten Seen sind darauf durch Schraffierung bezeichnet. Über die einzelnen Beobachtungsergebnisse muss auf das Original verwiesen werden. Das Ergebnis seiner Untersuchungen bezüglich der Bildungsgeschichte dieser Seenbecken fasst Ahlenius wie folgt zusammen:

Wir finden, dass die grossen Seenketten in Lappland alle radial von den Hochgebirgen als sogenannte Randseen ausgehen, ferner dass sie in den Hauptrichtungen der Flüsse von NW—SO gelegen sind und überhaupt Teile von den grossen Flussthälern (Flussseen) ausmachen. Dann finden wir, dass die obern Enden der Seen im allgemeinen verzweigt sind, wie Hornafvan, Storuman, Wojmsee, Malgomaj; dass überhaupt die westlichen und nordwestlichen Teile der Seen schmal, langgestreckt und fjordähnlich sind, häufig geneigte oder steile Abhänge besitzen, und zwar besonders ausgeprägte Tiefenbecken oder Tiefenwannen ausmachen, die häufig bedeutende Tiefen, öfters zwischen 100—200 *m* (Hornafvan, Storuman, Wojmsee, Malgomaj) aufzuweisen haben. Setzt man die Grenze zwischen den westlichen Tiefenbecken und den östlichen Flachbecken bis zu 25 *m* an, d. h. etwa zum Viertel der durchschnittlichen Maximaltiefe der tiefern Seen vom Saggat an bis auf Ströms Vattudal, so erhält man eine Tiefenwassergrenze, östlich von welcher folgende Seen oder Seenteile gelegen sind: Purkijaure, Saskam, Wajkijaure, das untere Ende des Hornafvan, die Seen Uddjaur Storafvan, das untere Ende des Storvindeln, das untere Ende des Storuman und dasjenige des

Wojmsees, ferner der Wolgsee und die untern Enden von Tåsee, Flåsee und Ströms Vattudal. Diese Grenze wird zugleich markiert, teils durch das Auftreten von langgestreckten Ås-Bildungen oder Ås - Inseln, wie besonders in Rappen, Hornafvan, Storuman; teils durch das Vorkommen von mächtigen Geröllmassen und Moränenablagerungen wie in den östlichen Seen im Thale der kleinen Lule Elf, im untern Ende des Hornafvan, im Uddjaur und Storafvan, im untern Ende des Storuman, im Wolgsee u. s. w. Die betreffende Grenze tritt auch öftermals ziemlich scharf hervor mit steilem Schwebe wie in Hornafvan, Storuman und Wojmsee.

Wie hat man sich nun die Bildungsgeschichte dieser tiefen Seen vorzustellen? Man möchte zunächst an Verwerfungen denken, weil die Formationsgrenze zwischen den jüngern kambrisch-silurischen oder algonkischen Bildungen im Westen und den archäischen Gesteinen im Osten im allgemeinen dem Anscheine nach östlich von den grössern Tiefen liegt und demnach eine Senkung der ganzen paläozoischen Zone im Verhältnisse zum archäischen Gebiete andeuten könnte. Dagegen kann indessen hervorgehoben werden, teils dass eine Übereinstimmung zwischen der Formationsgrenze und der Tiefenwassergrenze in Details, wie die vorhergehende Darstellung gezeigt hat, gar nicht vorhanden ist, teils dass eine solche grössere Verwerfungslinie in der Natur nirgends nachgewiesen werden kann. Die einzelnen Seebecken haben auch in ihrer Hauptrichtung im allgemeinen gar keine Verwerfungsspalten aufzuweisen, was allerdings nicht hindert, dass solche teilweise, und zwar in nordsüdlicher Richtung einst existiert haben, aber (während der Glazialzeit verwischt) heutigen Tages nicht mehr wahrgenommen werden können.

Es ist dann an die Möglichkeit zu denken, dass die Becken durch Gletschererosion ausgehöhlt worden seien. Neuerdings hat O. Nordenskjöld[1]) diese Hypothese für die Entstehung der Fjorde im eigentlichen Sinne angenommen; er nimmt aber diese Hypothese nicht für die eigentliche Thalbildung in Anspruch, sondern meint, dass die meisten Thäler, in denen jetzt Fjorde liegen, schon in präglazialer Zeit existiert hätten, und dass die Gletscher eben diesen präexistierenden Flussthälern gefolgt seien. Dadurch sei es begreiflich, dass die Flussthäler und deshalb auch die Fjorde an die Verwerfungsspalten gebunden seien, wo solche vorkommen; ferner dass sie gern dem Schichtenstreichen folgen und vorzugsweise die Gegenden mit weichem Gesteinsgrunde aufsuchen, hier aber breiter und zugleich, weil eine Erosion gegen die Tiefe, um Platz zu gewinnen, nicht so notwendig war, weniger tief werden.[2]) Nach Drygalski nimmt in den Gletschern die Geschwindigkeit der Be-

---

[1]) Topographisch-Geologische Studien in Fjordgebieten, im Bulletin of the Geological Instit. of the Univ. of Upsala 1899. 4.

[2]) loc. cit. p. 221.

wegung und damit auch die erodierende Thätigkeit mit der Tiefe zu, und muss deshalb eben in engen tiefen Thalschluchten auch am stärksten sein. Ohne die erwähnte Hypothese zur Erklärung der Entstehung von Fjordbecken und damit verbundener Probleme irgendwie bestreiten zu wollen, möchte Verf. doch in betreff der lappländischen Seen hervorheben, dass diese einen komplizierten Fall darbieten eben deshalb, weil die Eisscheide in glazialer und spätglazialer Zeit gerade hier über den Seen gelegen und demnach das Eis sich hin und wieder, nach Osten und nach Westen, bewegt hat.

Möglich ist, dass sowohl Verwerfungen als Gletschererosion zur Entstehung der Becken einigermassen mitgewirkt haben können; Verf. möchte doch annehmen, dass die Seebecken in erster Linie durch Erosion der Flüsse ausgehöhlt worden sind. Während des langen Zeitraumes nach der Erhebung Skandinaviens über das Meer bis zur beginnenden Glazialzeit haben die vielen Flusssysteme in Lappland und Norrland im ganzen wahrscheinlich ihre gegenwärtige Anlage und Richtung gehabt; und denkt man sich Lappland damals in präglazialer Zeit als ein mächtiges Hochplateau mit Gebirgsmassen im Westen, so sind ohne Zweifel die von den Hochgebirgen fliessenden Flüsse und Ströme sehr wasserreich gewesen; und, weil sie zugleich über ein ausgedehntes verhältnismässig dürres Plateau herbeiströmten, haben sie auch gewaltige Erosionsrinnen, beziehungsweise Cañons, aushöhlen und erodieren können.

In glazialer Zeit hat das über Skandinavien liegende Inlandeis die oben angedeuteten Verhältnisse wesentlich verändert. Jüngere Bildungen und Verwitterungsmassen des Landes sind weggeführt; statt dessen wurden bei Abschmelzung des Eises mächtige Grus-, Geröll- und Moränenmassen abgelagert, die die östlich von der Eisscheide gelegenen Flussthäler ausgefüllt haben. Dagegen blieb in postglazialer Zeit ein bedeutender Rest des Inlandeises in Lappland noch lange Zeit liegen; dieser Eisrest mag eben über den gegenwärtigen lappländischen Tiefenbecken gelegen und durch seine plastische Masse die Wannen vor Zuschüttung durch Grus und Geröll bewahrt haben. Für diese Auffassung spricht zuerst, dass die Åsbildungen in den untern Enden der Seen auftreten, aber eben dann weiter im Westen plötzlich aufhören, wenn die Tiefenbecken beginnen. Das Eis ist somit rückwärts von Osten nach Westen abgeschmolzen und hat dabei Moränenablagerungen und Åsbildungen, d. h. Deltabildungen am Rande des Eises zurückgelassen. Etwa an der gegenwärtigen Tiefenwassergrenze, und zwar im Saggat, Hornafvan, Storuman, Wojmsee und Malgomaj, ist dann der Eisrand eine längere Zeit zurückgeblieben. Im Westen hat die Kante des Eisrestes wahrscheinlich die obern Enden der beschriebenen Seen erreicht, weil Strandlinien von eisgedämmten Seen erst in einer mehr westlich gelegenen Zone angetroffen worden sind, so die angeführten Strand-

linien am Tarraure und die von Gavelin geschilderten Eisseen am Gäutajaure[1]) im Westen vom Storuman.

Für die obenerwähnte Auffassung von der Lage der Eisscheide und des Eisrestes in spätglazialer oder postglazialer Zeit spricht auch sowohl die Transportierung von Blöcken wie die Richtung der Schrammen.[2]) Dass eine gewisse Übereinstimmung zwischen der Formationsgrenze und der Tiefenwassergrenze, beziehungsweise der Eiskante besteht, könnte darauf beruhen, dass der relativ unbewegte Eisrest sowohl die Tiefenbecken als die jüngern postarchäischen Sedimentgesteine, gewissermassen also beide Erscheinungen, bewahrt hätte.

Nach dieser Untersuchung sind also die lappländischen Tiefseebecken — das ist das Schlussergebnis — als Reste gewaltiger präglazialer Flussthäler oder Flussrinnen zu betrachten, die allerdings durch Erosion entstanden, aber dureh den Rest des Inlandeises in ihrer Form und Tiefe bewahrt und durch mächtige spätglaziale und postglaziale Ablagerungen aufgedämmt worden sind.

Das tote Meer ist von L. Gautier besucht und geschildert worden.[3]) Die Umgebung dieses Salzsees bietet ein grossartiges Landschaftsbild von eigenartiger Wildheit, das man nicht mit Unrecht mit den Ufern des Genfer Sees verglichen hat. Besonders gilt dieser Vergleich nach Gautiers Meinung hinsichtlich des Nordufers des toten Meeres und des Ostendes des Genfer Sees in der Nähe der Rhonemündung. Irrtümlich ist die weitverbreitete Meinung, dass die Oberfläche des toten Meeres in steter Ruhe sei, vielmehr befindet sie sich fast in steter durch den Wind hervorgerufener Wellenbewegung, und bei den dort dann und wann herrschenden Gewitterstürmen brechen sich riesige Wogen am Ufer. Auf diese Weise lässt sich also keineswegs der Name dieses Binnensees erklären, seine Bezeichnung als »totes Meer« fusst vielmehr nur auf der Thatsache, dass in seinem Wasser mit Ausnahme gewisser niederer Organismen kein lebendes Wesen, weder ein Fisch, noch ein Kruster, noch irgend welche Molluskenart, existieren kann, und dass nicht bloss die Fische, welche der Jordan dem toten Meere zuführt, in demselben sterben und tot ans Ufer getrieben, zahlreichen Vögeln zur willkommenen Beute werden, sondern auch andere sonst an Salzwasser gewöhnte Fische in diesem Binnensee eingehen. Allerdings hat man aus dieser Thatsache zu weit gehende Folgerungen gezogen, indem man behauptete, dass kein Vogel über das tote Meer fliegen könne, ohne tot abzustürzen; das ist, wie Gautier aus

---

[1]) On the glacial lakes in the upper part of the Umeriver-Valley, in diesem Bulletin 1899. IV.

[2]) Vgl. Fr. Svenonius, Om berggrunden i Norrbottens län, o. a. S. Vgl. besonders die Karte.

[3]) Le Globe, Genf 1900. Die Natur. Oktoberheft 1901. p. 210.

eigener Anschauung konstatieren konnte, eine Fabel. Ebenso wenig entbehren die Ufer des Sees der Vegetation infolge der Einwirkung seines salzhaltigen Wassers; vielmehr kommt Pflanzenwuchs an den Ufern nur deshalb nicht fort, weil es meist an süssem Wasser fehlt, nur wenige solches Wasser führende Zuflüsse vorhanden sind, und der Niederschlag gering ist. Da, wo sich fliessendes Süsswasser findet, so z. B. in Engedi mit seiner Thermalquelle (27° C), zeigt sich eine üppige Vegetation, in der wie überhaupt in diesem Gebiete des Ghor neben tropischen Pflanzen Elemente der Mittelmeerflora vorherrschen.

Dass die Ufer des toten Meeres nicht bevölkert sind, erklärt sich mehr aus der dort herrschenden Hitze und Dürre — die Temperatur steigt zuweilen über 55° C. im Schatten — als etwa aus einem ungesunden Klima der Gegend. Übrigens sind die Ufer des Sees früher lange Zeit bewohnt gewesen, auch am Südwestende, wo die Stadt Tamar einst sich erhob. Nicht unerwähnt mag hier bleiben, dass heutzutage auch die einst so stark bevölkerten Gestade des Sees Tiberias bis auf drei oder vier Stellen fast völlig verlassen sind. Zu den Zeiten, als die Ufer des toten Meeres bewohnt waren, wurde dieses befahren, worüber aus dem Altertume von Tacitus und gleichfalls aus dem Mittelalter Nachrichten vorliegen, als zur Zeit der Kreuzzüge dort Kerak und andere wichtige Festungen sich erhoben.

Zur Römerzeit wurde das Wasser des toten Meeres wegen der ihm zugeschriebenen Heilkraft viel zu Bädern verwendet, wie ausser Julius Afrikanus auch Galenus meldet, welcher, allerdings unzutreffend, meint, dass man einen künstlichen Ersatz dieses Wassers dadurch herstellen könne, dass man Meerwasser eine ausreichende Menge Salz zusetze. Man hat vielfach behauptet, dass das tote Meer mephitische Dünste ausströme; dass diese von dem Wasser selbst ausgehen, ist nicht erwiesen, möglicherweise können sie aus den sumpfigen Lagunen am Ufer oder aus Mineralquellen, die in der Nachbarschaft des Sees entspringen, aufsteigen; es macht sich ein Geruch wie von faulen Eiern, der wohl auf Schwefelwasserstoff zurückzuführen sein dürfte, an mehrern Stellen, so besonders in der Nähe der Quelle Ain-Feschkha, deren Wasser am Nordwestufer dem toten Meere zufliesst, bemerkbar.

Von Norden nach Süden in seiner Längsrichtung erstreckt sich das tote Meer 76 *km* weit; seine grösste Breite beträgt 16 *km*, bei Josephus finden sich seine Dimensionen, sicher zu hoch, zu 580 und 150 Stadien, d. h. 111 und 28 *km* angegeben Die Oberfläche des Sees beträgt 929 *qkm*, während die des Genfer Sees nur 578 ausmacht. Das tote Meer zerfällt durch eine in dasselbe vorspringende 17 *km* lange, flache, zumeist nur 12—25 *m* über dem Meeresspiegel sich erhebende Landzunge, welche jedoch eine bis zu fast 100 *m* aufsteigende Hügelreihe trägt, in zwei ungleich grosse Teile. Diese

Landzunge, el Mezra'a oder el Lisân genannt, welche aus weissem Kalkmergel mit Salz- und Gipsablagerungen besteht, geht vom Ostufer aus bis ziemlich nahe ans Westufer, von dem sie nämlich nur durch einen nicht mehr als 5 *km* breiten Kanal getrennt ist. Die beiden Vorgebirge dieser Landzunge sind nach zwei Reisenden benannt, welche jenes Gebiet durchforscht und den See befahren haben; das nördliche heisst Kap Costigan nach einem Irländer, der dort 1835 weilte, das südliche Kap Molyneux nach einem Engländer, welcher 1847 sich dort aufhielt. Beide sind den gewaltigen Strapazen, die ihnen bei der Erforschung jenes Gebietes erwuchsen, zum Opfer gefallen.

Im Laufe des 19. Jahrhunderts haben noch einige andere Forschungsreisende das tote Meer besucht und befahren, so Moore und Beke im Jahre 1837, der englische Leutnant Symonds im Jahre 1841, der Leutnant Lynch von der Marine der Vereinigten Staaten von Nordamerika im Jahre 1848 und der Herzog von Luynes im Jahre 1864. In neuester Zeit haben von 1898 ab Ruder- und Segelboote häufig Touristen über den See befördert, der jetzt auch von einem kleinen Dampfer befahren wird.

Der nördlich von der Lisan-Landzunge gelegene Teil des toten Meeres übertrifft den südlichen bei weitem an Grösse, auch hat er eine grössere Tiefe, nämlich bis zu 399 *m*, während der südliche Teil sehr flach, nämlich meist nur 3—4 *m* tief ist und sich zuweilen sogar durchwaten lässt. Möglicherweise ist dieser südliche Teil weit jünger als der nördliche, vielleicht sogar erst in historischer Zeit infolge einer Bodensenkung entstanden, welche ermöglichte, dass das Wasser des Sees sich über früheres Landterrain ausbreitete. Die Ufer dieses südlichen Teiles des Sees zeichnen sich durch ihren enormen Salzgehalt aus; dort finden sich Salzsümpfe, und dort sieht man auch den als Dschebel-Usdum oder Khadjar-Usdum bezeichneten eigentümlichen, etwa 10 *km* langen Salzberg aus reinem Steinsalze von trübweisser oder roter Farbe, in dessen Namen uns ein Anklang an den Namen der Stadt Sodom entgegentritt. Dieser Berg ist 200 *m* hoch, 10 *km* lang und im Mittel 1 *km* breit. In seiner nächsten Nähe sieht man, wenn auch nicht stets, so doch dann und wann Salzsäulen, welche dadurch entstanden, dass Regenbäche die sie umgebenden Massen fortgeführt haben, und die einige Ähnlichkeit mit ungestalten Riesenstatuen besitzen.

Eine andere Eigentümlichkeit des toten Meeres, die ihm bei den Griechen die Bezeichnung Asphaltsee eingebracht hat, ist das Vorkommen von Bitumen in seinem Becken. Dieses Vorkommen war schon den Alten bekannt (Tacitus V, 6; Strabo XVI, 2, 42; Dioscorides I, 99; Diodor XIX, 25). In der Nähe des Sees finden sich Bänke, bestehend aus weissem, kreideartigem Mergel, aber auch solche aus bituminösem Mergel. Jedoch rühren die asphaltartigen Bestandteile des Wassers des toten Meeres nicht von diesen Ab-

lagerungen auf seinen Ufern her; dieselben entstammen vielmehr in der Tiefe unter dem See gelegenen Ablagerungen, und man hat bemerkt, dass das Auftreten von bedeutenden Bitumenmassen auf der Oberfläche des toten Meeres gleichzeitig mit Erderschütterungen erfolgt, welche dann und wann in jenem Gebiete sich geltend machen. Wenn diese Erscheinungen sich äussern, treten grosse Massen von Bitumen vom Grunde her in den See ein, schwimmen auf dem Wasser und werden von den Eingeborenen schleunigst gesammelt, jedoch fehlt es bisher noch an jeder methodischen Ausnutzung. In geringer Menge lassen sich bituminöse Bestandteile stets in dem Wasser des Sees konstatieren.

Wasserzunahme im Toten Meere. Seit einiger Zeit ist der Spiegel dieses Salzsees in starkem Steigen begriffen, wie Kapitän Gray Hill berichtet.[1] Rujn el Bahr, das als Insel nahe der Jordanmündung lag, ist in den letzten Jahren unter dem steigenden Wasser verschwunden. Bei der Jordanmündung nördlich vom Nordrande ist jetzt eine weite Lagune, die dadurch entstand, dass das Wasser gestiegen ist und einen Teil des Deltalandes des Jordan überschwemmt hat. Am Südrande befanden sich an der Ost- und Westseite zwischen den steil abfallenden Felsen und dem Ufer breite Strecken Sandstrandes, die jetzt auch unter Wasser sind, so dass das Wasser schon am Fusse der Felsen steht. Der Spiegel fällt nicht im Sommer, so dass nicht etwa der Regenfall einer Jahreszeit die Ursache ist, sondern eine Vergrösserung des Wasserzuflusses im allgemeinen in den letzten Jahren zur Erklärung herangezogen werden muss. Hill macht vulkanische Thätigkeit dafür verantwortlich, welche den Boden des Toten Meeres gehoben haben soll; eine sehr unbefriedigende Hypothese.

Der Aralsee wird im Auftrage der turkestanischen Sektion der Kais. Russ. Geogr. Gesellschaft von einer Expedition unter Leitung von L. S. Berg erforscht. Dieser hat über die Ergebnisse während des ersten Forschungsjahres berichtet.[1] Da auf dem See gegenwärtig keine Schiffahrt vorhanden ist, war es schwierig, das 10 *m* lange Segelboot aufzutreiben, auf dem die Expedition mit den nötigen Instrumenten am 16. Juni von Kasalinsk nach dem Syr-Darja-Delta aufbrach. Hier blieb auf der niedrigen Insel Kossaral ein Topograph zurück, der im Laufe von zwei Monaten eine vorzügliche Karte des ganzen Deltas mit den angrenzenden Meeresteilen aufnahm. Am 25. Juni stach die Expedition in See, besuchte auf ihrer Fahrt die noch wenig bekannten Inseln Barssa-Kelmess und Nikolai und landete am 28. Juli an der steilen Westküste, die den Ostrand des öden Ust-Urt-Plateaus bildet. Nachdem Berg hier auf dem Ust-Urt be-

[1] Geogr. Journal 1900. 10.
[1] Vgl. Globus 79. p. 218. Geogr. Zeitschr. 1901. p. 293.

deutende geologische Sammlungen zusammengebracht und die dortige Tiefenregion des Aralsees ausführlich untersucht hatte, begab er sich längs dem Westufer weiter nach Norden zum Vorgebirge Bai-Kubek am Nordwestende des Sees und dann zur Halbinsel Kulandy, von wo aus quer durch den See nach der Menschikow-Insel zwischen den Mündungen des Syr- und Amu-Darja gesteuert wurde, um dabei die Tiefe der Mitte des Sees zu untersuchen. Dann kehrte Berg nach Kasanlinsk zurück, um im August nochmals hinauszusteuern und der Erforschung der Seiches obzuliegen. Im ganzen wurden von der Expedition an 39 Stationen meteorologische und hydrographische Beobachtungen angestellt, was die Möglichkeit zur Herstellung einer zuverlässigen hydrographischen Karte des Sees giebt. Die Planktonfischerei ergab ein reiches Material. Über 6000 Insekten und 200 Pflanzenarten wurden gesammelt, und während dreier Monate wurden täglich meteorologische Beobachtungen angestellt. Die Tiefe in der Mitte des Sees betrug 20—23 *m*, die Maximaltiefe am Steilabfalle des Westufers 62,5 *m*. Der Salzgehalt des Wassers erwies sich als sehr niedrig; dagegen war seine Durchsichtigkeit aussergewöhnlich gross und betrug im Maximum 20,5 *m* bei 23,5 *m* Tiefe. Zahlreiche Anzeichen lassen ein schnelles Steigen des Seespiegels erkennen, was um so auffallender ist, als alle Reisenden von 1820 bis 1880 von einem Eintrocknen des Sees berichten. Durch vier aufgestellte Massstöcke und durch eine in den Felsen eingeschlagene Höhenmarke wird man in Zukunft zuverlässige Daten über die Schwankungen des Seespiegels erhalten. Die Seichesbeobachtungen ergaben unzweifelhaft das Vorhandensein dieser Oberflächenbewegung, jedoch erfordert die völlige Ergründung der Frage noch weitere Beobachtungen mit dem Limnometer.

Das Kuku-nor-Gebiet. Das zentrale Hochasien zwischen 40° und 35° nördl. Br. westlich und nordwestlich vom Oberlaufe der grossen Ströme Hoang-ho und Yang-tse-kiang bildet geographisch eine der interessantesten Regionen des Festlandes. Nicht nur ist es die gewaltige Bodenanschwellung an und für sich, welche durch ihre ohne Vergleich dastehende Massigkeit und ihre ungeheure Grenzmauer gegen Süden, nämlich das Himalaya-System, und gegen Westen, das Karakorumgebirge und die Pamir, sich als einzigartige kontinentale Plateaubildung im grössten Stile kennzeichnet, sondern auch die tektonischen Verhältnisse innerhalb dieses Gebietes sind höchst eigenartige, ohne Vergleich dastehende. In Höhen, welche die des Ätna überragen, ja der des Mont Blanc vergleichbar sind, finden sich dort abflusslose Seen und ungeheure ausgedehnte Einsenkungen, wie die Salzwüste Tsaidam, welche in geologisch noch nicht lange verflossener Zeit ungeheure Seebecken gewesen sein müssen, die entweder durch klimatische Veränderungen oder durch geotektonische Umwälzungen ihre Wasser einbüssten. Diese nach

jeder Richtung hin höchst interessanten Gebiete sind zudem erst in der neuesten Zeit der wissenschaftlichen Durchforschung zugänglich geworden, ja teilweise erst seit kaum mehr als zwei Jahrzehnten, vornehmlich durch den kühnen russischen Reisenden Prschewalsky aufgeschlossen worden. Seitdem ist besonders die Umgebung des einst so rätselhaften Kuku-nor (Nor = See) von wissenschaftlichen Reisenden besucht worden, unter denen Graf Zzechenyi, Swen Hedin und Rockhill besonders zu nennen sind. Diesen hat sich in jüngster Zeit Prof. K. Futterer angereiht, der mit Dr. Holderer eine wissenschaftliche Forschungsreise nach Zentralasien ausführte und Nordost-Tibet in verschiedenen Richtungen durchzog. Die Ergebnisse dieser Forschungsreise sind in einem grossen Werke niedergelegt; neuerdings hat Prof. Futterer über Nordosttibet sich auch in einer besondern Abhandlung verbreitet.[1] Die von den beiden Forschern ausgerüstete Karawane brach am 6. August von Si-ning-fu in West-Kan-su auf, um über die 3600 *m* hohe Wasserscheide, welche dort das Gebiet des zum Gelben Meere laufenden Flusses von dem abflusslosen Gebiete Nordorsttibets trennt, zum Kuku-nor zu gelangen, in das Land der Steppen und abflusslosen Seen. Aus der letztern Region, in welcher noch die chinesische Kultur einigen Einfluss ausübt, traten die Reisenden auf die tibetanischen Hochflächen ohne Dörfer und Wege in die endlose Steppe.

»Nirgends,« sagt Prof. Futterer, »ist die einförmige, im Herbste gelbbraune Steppengrasdecke, welche vom Thalboden bis hoch hinauf ohne Unterbrechung gleichmässig Gehänge wie Bergkuppen überzieht, vom Pfluge durchfurcht oder von Bäumen und Wald unterbrochen. Selbst trotzig hervorragende Felsklippen haben nur selten die alles gleichförmig überziehende Decke zerrissen, wie wenn sie eigens für den Geologen geschaffen wären, um ihm doch ab und zu einen Einblick in den innern Bau der an der Oberfläche so eintönigen Gebilde der Erdoberfläche zu erlauben. Bei flüchtigem Blicke kann man diese Hochsteppenflächen für gänzlich tot halten, und auf dem weitern Wege durch Nordosttibet gingen die Märsche tagelang durch solche, in breiten, flachen Thälern gelegene Steppen, die auch den Gebirgen ihren Charakter verliehen, ohne ein lebendes Wesen zu erblicken; Mensch wie Tier schienen diese Einöden zu meiden, und die absolute Ruhe des Todes lag über den weiten, stillen Höhen und Grasflächen, in denen nicht einmal das fliessende Wasser sich an einem murmelnden Tone verriet. Erst weiter unten und weiter westlich am Kuku-nor war aber doch verhältnismässig reiches Leben, das sich an besondern, günstigere Bedingungen bietenden Stellen lokalisierte.

---

[1]) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1900. 35. p. 297 u. ff.

So waren die Nomaden des tibetanischen Stammes der Tanguten zahlreich in der Nähe des Ostendes des Sees in ihren Jurten angesiedelt. Ihre Herden befanden sich auf den grasreichen Flächen zu beiden Seiten des Taotan-ho und bestanden vorwiegend aus zahmen Jaks und Schafen; Pferde waren sehr in der Minderzahl. Bereits beim Aufbruche des Lagers am Morgen stellten sich zahlreiche grosse Raubvögel, Geier, Adler, sowie Raben ein, welche sich über die Abfälle des Lagers hermachten. Kleinere Vögel, wie Berghühner, belebten die zahlreichen, steilern Seitenthälchen des grossen Taotan-ho-Thales, und eine sehr individuenreiche Vogelwelt hielt sich an den Ufern des Sees selbst auf. Grosse weisse Möven bedeckten in Scharen die sonnigen, flachen Sandufer, und ab und zu zeigten sich auch grosse Raubvögel; Skelette von grossen Fischen lagen am Ufer, und mittels der Angel wurden einige Fische gefangen, konnten aber nicht konserviert werden; ausser den bissigen Hunden, welche die Tangutenzelte bewachen, war hier vom Tierleben weiter nichts zu bemerken. Wenn auch reich an Individuen, gilt die Fauna am Kuku-nor doch für arm an Arten und kann sich nicht mit dem Reichtume des weiter im Südwesten gelegenen Tsaidam messen; auch die Zugvögel kommen hierher nicht in grossen Mengen, weil es, wie v. Prschewalsky schon bemerkte, an Strauchwerk, Schilf und Bäumen hier mangelt. An den Berghängen aber und auf den feuchten, saftigen Grasweiden der Thälchen, die von Norden gegen das Taotan-ho-Thal herabkommen, und auch in denen des Süd-Kuku-nor-Gebirges schmückte im August ein herrlicher Flor blühender Pflanzen die eintönigen Flächen. In der artenreichen Flora, der hier aber Bäume und grössere Gesträucher fehlen, weisen zahlreiche Arten von Enzianen und Edelweiss auf die hohe Lage der Gegend hin.«

Die Meereshöhe des Kuku-nor-Spiegels ist etwa 3300 *m*, und von dem flachen östlichen Ufer konnte Futterer das gegenüberliegende Gestade nicht wahrnehmen. Längs des Südufers zieht sich in einiger Entfernung ein sanft bis zu 300 *m* ansteigendes, aus alten Formationen bestehendes Gebirge, und im NW begleitet die Küste eine Zone von Sanddünen, und hinter derselben in grosser Ferne erscheinen die weissglänzenden, vielgestalteten Bergketten der südlichen Glieder des Nan-schan-Gebirges.

Im See liegen felsige Inseln, von denen eine ein Mönchskloster trägt, welches nur im Winter über den von Mitte November bis Mitte Mai gefrorenen See Verbindung mit dem Lande besitzt. Fahrzeuge giebt es nicht auf dem See. Über dessen Tiefe sind auch keine Beobachtungen bekannt, ausser dass er am östlichen Südufer in 3 *km* Entfernung von der Küste erst 17,7 *m* tief ist; wahrscheinlich ist der See, wie Futterer meint, weiter im Westen tiefer.

»Der Charakter des Süd-Kuku-nor-Gebirges,« sagt Futterer, »ist nicht unwirtlich; bis weit über die Pässe hinauf reichen die Steppenflächen, felsige Thalseiten und steile Wände treten mehr auf

der Südseite hervor; die Thäler sind von Tanguten bewohnt, und verlassene Lagerstätten zeigen deren zeitweiligen Aufenthalt in den Thälern bis hoch hinauf an.«

Weiter westwärts wird das Gebirge höher und felsiger, und in seinen Thälern finden sich auch Wälder von Cedern, Wachholder und Gestrüpp. Der vom Westen des Kuku-nor nach dem Dulan-nor im Süden des Süd-Kuku-nor-Gebirges führende Weg geht über einen 4200 *m* hohen Pass, während der Pass, den Futterer überschritt, nur 3780 *m* hoch war und fast überall in seiner Umgebung die Steppengrasdecke besass.

»Von seinen Höhen,« sagt Prof. Futterer, »bot sich eine herrliche Aussicht über den See und seine in der blauen Wasserfläche weiss schimmernden Felseninseln. Nach Süden dagegen dehnte sich eine breite, öde und eintönige Fläche mit geringem Gefälle gegen Süden aus, die ebenso sanft wieder nach Süden ansteigt und am Horizonte begrenzt wurde von den zerrissenen Kammlinien mehrerer, hintereinander liegender Ketten des Ssemenowgebirges. Während wir durch diese Ebene, die weiter im Westen den Salzsee Dalai-Dabassu birgt und Dabassun-Gobi heisst, zum Nordfusse dieses Gebirges und an demselben nach Osten bis zum obern Hoang-ho hinzogen, war es im wesentlichen derselbe Steppentypus, der das Landschaftsbild bis hoch an den Bergen hinauf charakerisierte; dort brachte die vom Winde belebte, in der Farbe wechselnde Oberfläche des Sees Abwechselung in die Eintönigkeit, hier aber, im Süden des Gebirges und längs des Nordfusses der Ssemenow-Kette, vermögen die kleinen, in der Ferne sichtbar werdenden, zum Teil von Salzflächen umgebenen Seen, wie der Dalai-Dabassu und weiter im Westen der Gunga-nor, den Eindruck der grössten Einförmigkeit der morphologischen Formen nicht zu stören.

Der tiefste Punkt der Ebene, an einem kleinen, nach Osten fliessenden, sich durch Sumpfflächen schlängelnden Flüsschen, das fast von dem hohen Dyrisungras verdeckt wird, aber doch schwer passierbar ist, lag in etwa 3110 *m* Meereshöhe und 240 *m* unter dem Spiegel des Kuku-nor; Rockhill fand an einer östlichern Stelle die Meereshöhe am tiefsten Punkte nur noch 2939 *m*; er nennt die Ebene Chemar t'ang (t'ang oder Tan ist der tangutische Name für die breiten, ebenen Steppenthäler), die in welliges Land am Südfusse des Süd-Kuku-nor-Gebirges übergeht.«

In der Steppenebene muss sich nach Futterer in ganz junger geologischer Vergangenheit ein Seebecken befunden haben; denn an den Terrassenrändern, welche den tiefsten Teil der Thalebene begleiten und aus eisenschüssigen Sandsteinen und konglomeratischen Schichten bestehen, wurde eine reiche Fauna mit zahlreichen Süsswasserschnecken und -muscheln direkt unter dem Steppenboden gefunden. Sie entsprechen unsern diluvialen Faunen und beweisen, dass der See erst vor geologisch sehr kurzer Zeit verschwunden ist.

Über eine weite, sumpfige Steppenebene gelangten die Reisenden, an dem hohen, schon von Prschewalsky als Landmarke hervorgehobenen Felsenberg Amne-waien vorüber, zu der tief ausgewaschenen Thalschlucht des Hoang-ho. Das Flussbett desselben ist dort tief unter dem Niveau der Steppe eingegraben und wird von steilen Konglomerat- und Schotterwänden begleitet. »In den Erweiterungen der Schluchten des Hoang-ho schildert Futterer, und auch in den Nebenschluchten, die zu ihm hinabführen, ist ein eigentümlicher Wechsel der Vegetation zu beobachten. Diese engen Thäler sind geschützt vor den kalten Winden, und während auf der rauhen Steppe nur das Gras gedeiht, hat sich hier die Vegetation üppiger entwickelt. Es blühten hier im September auf den Grasflächen noch zahlreiche Enziane, und die Pappelbäume, sowie die dichten Sträucher von Carragana waren eine ganz neue, der Steppe fremde Erscheinung. Überall, wo sich geschützte Stellen finden, sind auch noch weiter im Süden, am Tschurmünflusse und in den tiefen Thalschluchten des Amne-matschin-Gebirges, reich bewachsene Thäler mit Wald und reicher Strauchvegetation an den Gehängen gefunden worden. Unter dem Schutze der Hoang-ho-Schlucht, die bei Kuei-tö hsien über 7 *km* breit wird, wird noch Ackerbau betrieben, und Früchte, wie Aprikosen, Pfirsiche, Birnen, lässt hier das milde Klima noch reifen. Auch die Tierwelt bevorzugt diese Stellen; auf den Steppen im Kuku-nor-Gebiete waren zwar wilde Esel und grosse Raubvögel zahlreich, aber die kleinen Vogelarten waren erst am Hoang-ho wieder häufiger zu sehen. Auch Tanguten befanden sich hier mit ihren Herden und vermittelten mittels aufgeblasener Jackhäute die Überfahrt über den reissenden Strom, der hier eine Breite von 130 *m* besitzt unterhalb der engen Stelle, an welcher er aus dem Schiefergebirge tritt. Seine Tiefe an den Seiten betrug 6 und 8 *m*, in der Mitte konnte sie der raschen Strömung wegen nicht sicher gemessen werden, betrug aber über 12 *m*; bei der Geschwindigkeit des Wassers von 2.76 *m* in der Sekunde entspricht die Wassermasse des Flusses etwa derjenigen, welche die Donau im Jahresmittel durch das Eiserne Thor trägt.«

Prof. Futterer schildert den allgemeinen Charakter dieses merkwürdigen Gebietes, wo der Hoang-ho schon als gewaltiger Strom die tibetanische Hochgebirgswelt verlässt, um sich zunächst in die Steppenfläche einzugraben und später von neuem in wildem Felsenthale die östlichen Fortsetzungen des Süd-Kuku-nor-Gebirges zu durchbrechen, gemäss der Aussicht, die ein hoher Berg des Dschupar-Gebirges im Osten des Hoang-ho in weitestem Umfange bot: Nördlich und nordwestwärts dehnt sich die gelbe Hoang-ho-Steppe aus, als dunkler Strich die Schlucht des Flusses weit hinaus sichtbar. Unvermittelt erhebt sich der »Heilige Berg« Amne-waien in seiner schroffen Gestalt, an seinem Südfusse glänzen Sumpf- und Wasser-

flächen; nördlich erheben sich hügelige, weisse Dünensande, gänzlich kahl, ein der übrigen Steppenfläche fremdes Element bildend.

Majestätisch zeigten sich am fernen Horizonte die hohen und Ende September schon stark beschneiten Gipfel und Kämme des Süd-Kuku-nor-Gebirges und seiner östlichen Fortsetzungen; gegen Osten schroffe und hohe, weissglänzende Gebirgsmassive des Dschachar-Gebirges, und hinter demselben hohe, schneebedeckte Gebirgsketten am Horizonte. Nach Süden zeigen sich parallele, hintereinander liegende, sanft geschwungene Kammlinien, an Höhe zunehmend und hoch hinauf den Steppentypus zeigend; in grösserer Ferne grotesk gestaltete, isolierte Bergmassive am Hoang-ho und jenseits desselben liegend. Gegen Südwesten zeigt sich die unwegsame Schlucht des Hoang-ho im Dschupar-Gebirge, ein tief eingeschnittenes Längsthal mit tannenbestandenen Gehängen erreicht sein Bett von Osten, das zwischen 500 *m* hohen, kahlen, steilen Bergwänden liegt. Keine Spur von lebenden Wesen, Weideplätzen der Nomaden oder Zeltdörfern ist in dieser Bergwildnis sichtbar.

Die Regionen westlich von der Quelle des Hoang-ho und der kleinen von ihm durchflossenen Seen schilderte Prschewalsky als typisch für den Charakter der nordtibetanischen Wüsten.

Der Boden besteht dort aus Lehm mit Sand und Kies, ist bar der Vegetation und vielfach mit weissem Salze bedeckt; nur wo sich Wasser finde, grüne etwas Gras, und auf morastigen Flächen wachse ein hartes Riedgras, das der Wind austrocknet, wie er auch den Boden durchfurcht. Die Höhenlage verursache die Bergkrankheit bei Mensch und Tier, und nur im Herbste sei eine günstige Jahreszeit mit schönem Wetter und warmen Tagen. Im Winter herrschen Fröste und Stürme ununterbrochen, auch das Frühjahr bringe noch häufig stürmische Schneetreiben, und der Sommer sei dort nass durch starke Gewitter und Regen.

Durch das Amne-matschin-Gebirge wird der Hoang-ho zu einem grossen Bogen genötigt; in etwa 5000 *m* Seehöhe steigen die schneebedeckten Gipfel dieses Gebirges noch 1650 *m* über den Flussspiegel an. Futterer bemerkt, dass am Hoang-ho die hohe Schotterterrasse am Flusse selbst und entsprechende Schotterstufen am Thalgehänge und mehrere Flussterrassenniveaus übereinander sichtbar sind, die von alten höhern Wasserständen und grössern Wasser- und Transportmassen des Flusses Kunde geben in derselben Weise, wie in der Hochterrasse des Rheinthales das heutige Flussbett vertieft ist. Auf den Hochflächen des Sche-tsche-Flussgebietes, ebenso wie weiter gegen Südwesten hin und auch im Thao-Thale aber sind in den Thälern Ablagerungen von Sandstein-, Thon und Konglomeratcharakter sehr verbreitet, horizontal oder nur geringe Störungen zeigend, nur in den breiten, wannenartigen Thälern zwischen den hohen, alten und gefalteten Gebirgsketten lagern und Zeugnis geben von der Existenz ehemaliger ausgedehnter Süsswasser-Seebecken.

»Sie nahmen,« sagt Futterer, »alle Thalbecken ein und füllten sie mit ihren Ablagerungen; erst später erfolgte ihr Abfluss und die Modellierung der heutigen Formen des Reliefs. Am Hoang-ho aber war damals zuerst wohl auch ein Seebecken, das später entwässert wurde, als der gewaltige Fluss mit grösserer Wassermenge im Laufe der Zeiten sein Bett in die früher aufgeschütteten Schottermassen vertiefte.«

Was die klimatischen Verhältnisse im Kuku-nor-Gebiete anbelangt, so sind dieselben natürlich äusserst exzessive. Bis zur zweiten Hälfte des August sank die Temperatur nachts nicht unter 0°, erreichte aber am Tage ein Maximum von 28.7° C., Niederschläge waren häufig, besonders Gewitterstürme aus NW. Am 10. September trat der erste Schneefall ein. Im Oktober kamen schon Minimaltemperaturen von — 18° vor. Die hohen Cirruswolken zogen aus WNW und W. Die kältesten Tage und Nächte fand Futterer in der Übergangszone zwischen dem Sche-tsche-Gebiete und den obern Ta-hia-Zuflüssen, sowie an der Wasserscheide zum obern Thao-ho.

»In dem Thale dieses Flusses, das gegen Norden durch hohe Gebirge sehr geschützt ist, und in dem auch die Höhenlage mit dem weitern Marsche nach Osten abnahm, machten sich wieder mildere Verhältnisse geltend. Schon bei Kloster Schin-se waren wieder schöne, warme Tage, an denen die Lufttemperatur + 18.5° C. erreichte; doch waren die Nächte meist sehr kalt. Die Niederschläge waren ganz unbedeutend. Ende November lag in Min-tschôu (2300 *m* Meereshöhe) noch kaum Schnee.

An diesen wesentlichen Unterschied der Temperaturen auf den hochgelegenen, freien Steppengebieten, die keinen Schutz der Vegetation bieten können gegen den Ansturm der kalten, ertötenden, eisigen Luftströme, und den tief eingeschnittenen, geschützt gelegenen Thalflächen am Thao-ho ist die Verbreitung des Ackerbaues und damit der festen Ansiedelungen gebunden. Die Bedingungen, welche in den obern Nebenthälern des Sining-ho bis hart an die Wasserscheide zum Kuku-nor- und Steppengebiete, den Ackerbau und Dörfer ermöglichten, finden sich erst wieder in den obersten Teilen des Thao-Thales, oberhalb von Kloster Schin-se; aber noch lange vor der Wasserscheide und dem Übergange auf die Hochsteppen hört der Ackerbau auf, und die Lehmhütten machen den Zelten der Nomaden Platz. Das tief zerschluchtete, rauhe und hochgelegene Gebiet an der Wasserscheide des Thao-ho war gänzlich von Bewohnern verlassen, deren Spuren aber an Feuerstellen zu erkennen waren.«

Über Niveauschwankungen der Seen Mittelasiens und und des westlichen Sibiriens verbreiten sich L. Berg und P. Ignatow.[1])

[1]) Isw. K. Russ. G. Ges. **36.** p. 111. Russ. Bericht darüber in Petermanns Mitteilungen. Litteraturbericht No. 145, woraus oben der Text.

Der Balkaschsee war noch in historischer Zeit mit dem Ala-kul verbunden, der Issyk-kul im Herzen des Tiën-schan zeigt deutliche Spuren des Sinkens seines Spiegels, die Tschanyseengruppe im Gouvernement Tomsk ist nach den Untersuchungen Jadrinzews während der 60 Jahre von 1820—1880 von 8300 *qkm* Oberfläche auf 3400 *qkm*, d. h. auf 60 Proz. ihrer bisherigen Ausdehnung zusammengeschrumpft, und der Hamumsee auf der Grenze von Persien und Afghanistan verlor in 14 Jahren $^1/_{15}$ seines Areals.

An diesen gut verbürgten Anzeichen weitgehender Austrocknung der Seen Innerasiens dürften auch die in obigem Aufsatze zusammengestellten interessanten Beobachtungen einer seit ca. 1880 in jenen Gebieten zu beobachtenden gegenteiligen, d. h. ansteigenden Seespiegelschwankung insofern nichts ändern, als sie wohl nur als eine mit Klimaschwankungen zusammenhängende sekundäre Erscheinung innerhalb der grossen, schon seit den jüngsten geologischen Zeitaltern sicher zu verfolgenden Austrocknungsperiode Innerasiens aufzufassen sein dürfte.

Für den Aralsee ergeben die von Berg angeführten Thatsachen ein beobachtetes Sinken des Spiegels in den Jahren 1848—1880 und ein Ansteigen von 1880 bis heute, letzteres um 178 *mm* pro Jahr. Dieses Ansteigen lässt sich genau konstatieren durch einen Vergleich der 1848 von Butakow vorgenommenen Vermessung und Zeichnung des Sees mit seinen heutigen Konturen. Der Grund dürfte in klimatischen Veränderungen zu suchen sein, welch letztere sich auch an dem Wasserstande der den Aralsee speisenden Flüsse nachweisen lassen. Dies geht hervor aus der p. 119 von Berg wiedergegebenen Tabelle der während der einzelnen Monate im Mittel an der Station Kujgunjar am Kara-Darja (einem Quellflusse des Syr-Darja) vorbeigeflossenen Wassermassen, wonach in den Jahren 1893—1898 ein stetiges Anwachsen der Wassermassen konstatierbar ist.

Die gleiche Thatsache des Ansteigens beobachtete Ignatow beim See Dengis im Gouvernement Akmolinsk. Auch bei ihm lassen sich durch Vergleich der heutigen Umrisse mit einer genauen instrumentellen Aufnahme aus dem Jahre 1889 in den verflossenen 10 Jahren grosse Veränderungen im Sinne eines Ansteigens der Wasserfläche wahrnehmen. Schliesslich beobachteten die Verfasser noch weitere 400 Werst nordöstlich des Dengissees für die Seen des Gouvernements Omsk die gleiche Erscheinung am Tekesee und dem See Selety-Dengis.

Alles in allem haben wir es im Augenblicke im Gebiete der Kirgisensteppen zwischen Aralsee und Irtysch mit einer und derselben Erscheinung zu thun, wonach in den letzten Jahren die dortigen Seen nicht wie bisher weiter einschrumpften, sondern sich momentan in einer vermutlich nur kurzen Periode des Ansteigens befinden.

Die Seespiegelschwankungen zwischen Aralsee und Baraba sind von A. Woeikow untersucht worden.[1]) Bis 1899 war es für die meisten sicher, dass in dieser beträchtlichen Zone die Seen im beständigen Sinken begriffen sind, nun mehren sich die Anzeichen, dass sie jetzt sich im Steigen befinden. Am Anfange des Jahres 1900 hielten Berg und Ignatow einen Vortrag in der K. Russ. Geogr. Ges., in dem sie eine Menge Beweise dieser Art für den Aral und einige Seen, 700—1100 *km* nordöstlich von ihm, beibrachten. In ihrer Mitteilung wurden erst die Beweise einer grossen negativen Schwankung des Spiegels des Aralsees bis 1880 zusammengestellt. Die letzten Nachrichten dieser Art stammen von Ing. Schulz.[2]) Er berechnet, dass von 1871—1880 allein im Perowskygolfe 2 Quadratwerst von Wasser entblösst wurden, dieselbe Senkung des Spiegels musste die Fläche des Aral um 200 Quadratwerst vermindern.

Als Berg 1899 den Aral besuchte, fand er allenthalben Zeichen einer grossen Steigung des Wassers. So war der Kug-Arla, welcher nach der Karte von Butakow (1848) als Insel gezeichnet ist, und welchen Schulz (1880) als Halbinsel fand, seit 1895 wieder eine Insel; in der dadurch entstandenen Strasse reichte das Wasser bis zum Gürtel, teilweise noch höher. Auch die Inseln Usun-Kaïr, Kuss Dschetpess und Tschuska-Buss der Butakowschen Karte, welche seitdem Festland geworden waren, waren 1899 wieder Inseln. An der Mündung der Syr-Darja waren vor kurzer Zeit noch Inseln, jetzt sind sie unter Wasser; es ist an der Stelle des Jos. Atrep. 0,7 *m* tief, und die Fischer stellen dort ihre Haken auf. Das Wasser des Busens Sury-Tschaganak war 1880 fast gesättigt mit Salzen, jetzt wird es von Kühen getrunken. Ein Fischer, welcher seit 1883 am Ufer wohnt, sagte, dass es die ganze Zeit stieg und jetzt $2^1/_2$ Arschin (fast 2 *m*) höher sei als 1883. Nach den Nachrichten, welche Berg von ansässigen Fischern sammelte, war das grösste Steigen 1894—1898. Er bemerkt, dass das Wasserniveau sehr wichtig für die Fischer ist, und dass sie sehr darauf achten, weshalb ihre Aussagen Vertrauen verdienen. Wegen des beständigen Steigen des Sees müssen sie ihre Häuser und Eishäuser immer wieder landeinwärts verlegen. In Ak-Beke (westlicher Teil des Sees) soll von 1894—1898 das Wasser um 36 *cm* jedes Jahr gestiegen sein. Die ganze Steigung des Sees in 18 Jahren wird von Berg zu mindestens 3 *m* berechnet, d. h. im Mittel 178 *mm* im Jahre, während Dohrandt für die Jahre vor 1875 eine mittlere Senkung von 70 *mm* berechnete.

Prof. Woeikow wollte sich überzeugen, ob sich wirklich die Wasserabnahme der Seen von den 40er bis zu Ende der 70er Jahre

---

[1]) Petermanns Mitteilungen 1901. p. 199.

[2]) Nivellement zwischen Aralsee und Orenburg. (Sapiski der K. Russ. Geogr. Ges. 12. Russ.)

und die Zunahme seitdem durch meteorologische Beobachtungen nachweisen lasse, und wählte dazu Barnaul in der Ebene am obern Ob (53° N. Br.), weil der Ort zwischen vielen Seengruppen gelegen ist, und weil hier ununterbrochene Beobachtungen für 62 Jahre (1838—1899) vorliegen. Die Beobachtungen hier sind die längsten in ganz Asien.

Da es sich bei den Schwankungen der Seeareale und -spiegel um eine kumulative Wirkung handelt, so fand Verfasser es angezeigt, Mittel von einigen Jahren zu nehmen. Jedoch müssen bei der Seichtigkeit der Seen Ursache und Wirkung nicht sehr voneinander abstehen, und daher wählte er fünfjährige Perioden.

Die Schwankung der Niederschläge fand sich sehr regelmässig und unerwartet gross. Sie nimmt von Anfang der Beobachtung (1838) bis Mitte der 60er Jahre ab, steigt dann wieder bis Ende der 80er Jahre und bleibt hierauf mit kleinen Schwankungen ziemlich konstant. Die rasche Abnahme der Regenmenge am Anfange deutet darauf, dass die Mitte der nassen Periode noch vor Anfang der Beobachtungen in Barnaul fällt. Jedenfalls später als 1838 kann man sie nicht annehmen. Die Mitte der trockenen Periode fällt auf die Jahre 1864—1865 (Mitte der trockensten fünfjährigen Periode). Die Mitte der zweiten nassen Periode fällt ungefähr auf das Jahr 1893. Also ganze Periode 55 Jahre, nass bis trocken $26^1/_2$ Jahre, trocken zu nass $28^1/_2$ Jahre.

Woeikow verglich diese Daten mit der Brücknerschen Periode und kommt zu folgendem Schlusse: »Die erste nasse Zeit fällt etwa 12 Jahre früher als die von ihm angenommene nasse Zeit (1850) und 8 Jahre nach seiner trockenen (1830), die trockene etwa 4—5 Jahre später als seine trockene (1860), die zweite und viel bedeutendere nasse Zeit etwa 13 Jahre später als seine nasse und zu einer Zeit, welche er zu einer trockenen rechnet. Also hier, tief in der Mitte des eurasischen Kontinents auf einer Ebene, ist wohl eine grosse Schwankung der Regenmenge, aber nur die trockene Zeit der 60er Jahre fällt mit einer Brücknerschen trockenen Zeit ungefähr zusammen, die nassen Zeiten fallen auf Jahre, welche Brückner zu den trockenen rechnet.«

Die Lufttemperatur zeigt bei weitem keine so regelmässigen Schwankungen wie die Regenmenge, man bemerkt in den fünfjährigen Perioden 6—7 Schwankungen. Ein Zusammenhang mit den Schwankungen der Regenmenge ist nicht vorhanden.

Die ostafrikanischen Seen sind von J. E. S. Moore besucht und erforscht worden. Schon 1895 hatte er den Tanganika besucht, im Mai 1899 kehrte er wieder nach Ostafrika zurück behufs Forschungen am Kivu-, Albert Edward- und Albert Nyanzasee. Über die erhaltenen Resultate gab er in der Londoner Geographischen

Gesellschaft einen kurzen Bericht.[1]) Sein Weg führte ihn den Sambesi aufwärts, zunächst in das Gebiet des Nyassa, dann zum Tanganika und über den Viktoria Nyanza und Baringosee zur Küste bei Mombasa. Der Nyassa liegt nach Moore in der südlichen Verlängerung einer Thalreihe, die auch den Tanganika umfasst, aber die Thäler dieser Seen haben keinen unmittelbaren Zusammenhang. Dasjenige des Nyassa erstreckt sich mehr oder weniger vollständig bis zum Rukwasee; aber obwohl es nur 40 Miles von der grossen Depression des Tanganika entfernt ist und ihr parallel läuft, ist es doch durch hohe Berge aus altem granitischen Gesteine davon getrennt. An diesen Bergen finden sich keine Spuren alter Seeablagerungen. Wo die Eruptivmassen, aus denen sie bestehen, die das Südende des Tanganika umgebenden Sedimentschichten durchbrechen, liegen diese Schichten horizontal und ungestört um den Fuss derselben, sind also jünger als diese.

Die aus rötlichen Sandsteinen, Konglomeraten und Quarziten bestehenden Sedimentgesteine liegen bis zu einer Tiefe von 2000 Fuss frei, erstrecken sich auf unbekannte Entfernung nach Westen hin und scheinen wenigstens einen Teil der grossen, kreisförmigen Höhlung des Kongobeckens einzufassen. Sie scheinen ferner mit den Schichten zusammenzuhängen, die sich nach Süden in den nördlichen Teil des Nyassadistriktes und weiter östlich erstrecken. Nirgends enthalten sie Fossilien und können daher den bekannten Formationen nicht angeschlossen werden; doch sind sie sicherlich die ältesten Ablagerungen dieses Teiles des Innern Afrikas, und sie werden stellenweise von jüngern Schichten diskordant überlagert.

Bezüglich des westlichen Ausflusses des Tanganika, des Lukuga, glaubt Moore, dass dieser Fluss durch einen Teil des alten Seebodens strömt, der hier eine Hebung erfahren habe. Nachdem nämlich der Fluss seinen Weg über eine anscheinend auf dem Seegrunde entstandene, aus Konglomeraten gebildete Barre gefunden hat, strömt er durch eine flache, sandige Ebene, zu den niedrigen Sandsteinhügeln, die hier den Tanganika nach Westen hin begrenzen. Die Böschung dieser Hügel folgt der Richtung des Grabens, und Moore meint, dass sie längs dieser Linie gehoben worden sind, nachdem sie einst als Fortsetzung der sandigen Ebene an ihrem Fusse einen Teil des alten Seebettes gebildet hatten. Der Lukuga fliesst durch sie hindurch in einem Einschnitte, an dessen Wänden sich 100 Fuss über dem jetzigen Flusse grosse Strudellöcher und andere Reste gewaltiger Wasserwirkung vorfinden. Nach Moore ist hier eine allmähliche Hebung der Sandsteinböschung eingetreten, in die der Fluss später sein Bett schnitt. Wahrscheinlich ist, dass der See sich früher in der Gegend des Lukuga weit nach Westen hin erstreckte.

---

[1]) The Geogr. Journal 1901. 17. p. 1. Naturw. Rundschau 1901. p. 223,

Nördlich vom Tanganika setzt sich das grosse Thal des Sees als Depression zwischen den umgebenden Hochplateaus fort; es ist 30 Miles weit mit flachen lakustren und alluvialen Ablagerungen bedeckt, die eine Euphorbia- und Grasvegetation tragen. An vielen Stellen hat der Rusisifluss in diese Schichten tiefe Einschnitte gegraben, längs deren Moore viele Reste von Mollusken des Tanganika fand. Daraus folgt, dass sich der Tanganika früher weit nach Norden erstreckt hat. Dort wird das Thal indessen von mächtigen Bergrücken durchschnitten, die in ihren Gesteinen den Hügeln der sie umgebenden Plateaus gleichen. Auf diesen sind keine Spuren von Landseeablagerungen zu finden. Sie bilden einen natürlichen Damm, der an seiner andern Seite die Wasser des Kivusees bis zu fast 5000 Fuss Höhe aufstaut. Der Rusisi, der aus dem Kivu in den Tanganika fliesst, bahnt sich hier in steilen Schluchten seinen Weg in das 2000 Fuss tiefer liegende Tanganikathal.

Die Ufer des Kivusees werden von einer Fortsetzung der grossen Tanganikadepression gebildet, der sich zwischen einer ununterbrochenen Reihe eruptiver, granitischer Plateaus bis zum Albert Nyanza zieht.

Aus dem vorhergehenden ergiebt sich, dass das Thal des Tanganika, obwohl es zu derselben Wasserscheide gehört, physikalisch nicht mit dem des Kivu in Verbindung steht, auch nie in solcher mit ihm gestanden hat. Daher stellt der Kivu sozusagen eine Depression dar, die bis zum Rande gefüllt ist, und sein Abflusskanal, der Rusisi, hat in seinem obern Teile ganz das Aussehen, als ob er eine geologisch sehr junge Bildung sei. Diese sonderbare Fülle des Kivu und auch seine gegenwärtige Verbindung mit der Wasserscheide des Tanganika sind nach Moore die unmittelbare Folge ungeheurer geologischer Veränderungen, die in der nördlichen Fortsetzung des heutigen Seethales vor sich gegangen sind und noch immer vor sich gehen.

Das dortige vulkanische Gebiet wurde zuerst von Götzen, später von Bethe und zuletzt von Grogan besucht. Die Vulkane sind interessant, nicht nur wegen ihrer grossen Entfernung vom Meere, sondern auch weil sie zu den grössten, thätigen Kegeln in der alten Welt zählen. Die beiden thätigen Vulkane der Reihe sind auch deshalb von Interesse, weil sie sozusagen von embryonischem Charakter erscheinen, indem ihre Form denjenigen Zustand darstellt, wie die alten Wände des Monte Somma, die den heutigen thätigen Kegel des Vesuvs umgeben.

Sicherlich befindet sich der grössere dieser beiden thätigen Vulkankegel, der Kirungu-cha-gungo, noch unter denselben Verhältnissen, die durch den ersten Ausbruch hervorgerufen wurden. Es ist ein einziger ungeheurer Kegel mit einem kreisförmigen, ununterbrochenen Kamme, der an dem von Moore erreichten Punkte 11350 Fuss hoch ist. Dieser Rand umschliesst eine kreisförmige

Kraterhöhlung von über einer englischen Meile im Durchmesser. Sie war voll Dampf und Rauch, so dass Beobachtungen über die Beschaffenheit des Kraterbodens oder der Innenwände nicht angestellt werden konnten. Nach dem Geräusche zu urteilen, das herabrollende Steine verursachen, muss indessen der Krater sehr tief sein.

Der zweite Vulkan, der Kirungu-ndogo, der wenigstens 11000 Fuss Höhe besitzt, wurde auch schon von Götzen beschrieben. Er ist zur Zeit thätig, und die frischen Lavaströme um seinen Gipfel stossen glänzende, weisse Dampfstrahlen aus.

Die Linie der Aktivität dieser Vulkane liegt quer zur Axe des grossen Seenthales. Die Aktivität scheint von Osten nach Westen gerückt zu sein; denn im Osten der thätigen Kegel giebt es eine Anzahl hoher, erloschener Berge, von denen einer oft mit Schnee bedeckt ist und eine Höhe von nicht weniger als 14000 Fuss erreicht. Die Krater dieser ältern Vulkane sind mit den Produkten sekundärer Eruptionen angefüllt, welche ihre heutigen Gipfel bilden. Im Süden ziehen sich die Aschen- und Lavaströme zum Kivusee hinab, dessen nördliches Ufer sie bilden. Im Norden erstrecken sich ähnliche Aschen- und Lavaströme viele Meilen in das Thal hinab und erreichen stellenweise die niedrigen Ebenen, welche die Südufer des Albert Edwardsees begrenzen.

So beschaffen ist der jetzige vulkanische Damm, der den Kivu auf seinem heutigen, abnormen Niveau erhält.

Den Ausfluss nach Süden, den Rusisi, hält Moore für eine geologisch neue Bildung, so dass die Verbindung des Kivu mit dem Tanganika und der Wasserscheide des Kongo von ganz jüngerem Ursprunge sein würde.

Die zoologischen Befunde stehen mit dieser Anschauung durchaus im Einklange. Moore hat die Seen und Ablagerungen nördlich von den Vulkanen, im Gebiete des Albert Edward- und des Albertsees, untersucht und festgestellt, dass der Kivu wirklich den Seen an der Wasserscheide des Nils angehörte. Die nördlichen Ebenen sind sehr ähnlich denjenigen, die sich im Norden des Tanganika erstrecken; sie sind in ähnlicher Weise aus Aluvium und lakustren Sedimenten zusammengesetzt und verschwinden unter den vulkanischen Massen im Süden.

Es befand sich also vor der Bildung des jetzigen vulkanischen Dammes nördlich davon Wasser, dessen Bevölkerung der des Kivusees ähnlich und also völlig ungleich derjenigen des Tanganika im Süden war, und hier fand Moore, dass der Albert Edwardsee eine Fauna enthielt, welche im ganzen mit derjenigen des Kivu identisch ist.

Der Kivu- und der Albert Edwardsee stehen also in faunistischem Zusammenhange, und die alte physikalische Verbindung ihrer Becken wird durch die alluvialen und lakustren Seeablagerungen dargestellt, die unter dem jungen vulkanischen Damme liegen. Ausserdem findet sich, dass längs der Ufer des Albert Edward Nyanza sich zahlreiche

Beweise für ein bedeutendes Sinken des Wasserniveaus vorfinden. Im Norden ist der See jetzt von einer Reihe niedriger Klippen und tiefer Sümpfe begrenzt; jene bestehen teils aus alten Seeablagerungen, teils aus vulkanischer Asche. Im allgemeinen liegt die Asche über den Sedimenten, und beide zusammen sind nach dem Sinken des Wasserspiegels durch die Brandung des Sees erodiert worden. Die Sedimente in den Klippen enthalten Molluskenschalen, welche denen der jetzt in dem See lebenden Tiere gleichen. Das Thal des Semlikiflusses, das sich bis zum Albert Nyanza erstreckt, besteht ganz aus diesen mehr oder weniger jugendlichen Ablagerungen, die heute mit Wald und reicher Sumpfvegetation bedeckt sind. Daraus ergiebt sich, dass der Albert Edward Nyanza sich früher bis zum Albert Nyanza erstreckt oder mit ihm im Zusammenhange gestanden hat. Die Fauna des Albertsees stimmt mit derjenigen des Kivu- und Albert Edwardsees überein.

Sonach lehren die zoologischen Befunde, dass der ganze Boden des Grabens vom Süden des Kivu bis zum Norden des Albertsees, in einer Erstreckung von 350 Miles, einst von Wasser bedeckt war, und dieses stets dieselbe typische Süsswasserfauna beherbergt hat, welche heute die drei dort bestehenden Seen bevölkert. Diese Fauna ist von der des Tanganika ebenso verschieden, wie die des Rukwa und Nyassa im Süden. Der Teil des Grabens, der nördlich vom Kivu liegt, gehört noch zur Wasserscheide des Nils; aber der Kivu ist durch den jungen vulkanischen Damm davon abgeschnitten worden. Mit dem Tanganika kann der Kivu nicht seit lange in Verbindung gestanden haben, da er sonst mit den Gliedern der Tanganikafauna besetzt worden wäre.

Es ergiebt sich also, dass die ursprüngliche Verbindung des Tanganikasees mit dem Meere nicht längs des Verlaufes der Grabenthäler bestanden hat; Moore vermutet dagegen, dass dieser See sich früher in der Richtung des Lukuga nach Westen ausgedehnt habe. Eine Ausdehnung von etwa 80 Miles würde den See mit dem grossen Kongobecken, das zu einem grossen Teile einst vom Meere bedeckt gewesen ist, in Verbindung bringen.

Die Seen Patagoniens behandelte J. B. Hatcher.[1]) Er unterscheidet Seen, tektonischen, glazialen und residualen Ursprunges. Zu den Seen tektonischen Ursprunges gehören die grossen Wasserflächen, die sich auf der Linie des 72.° w. L. südlich vom 46.° s. Br. aneinanderreihen, die Seen Argentino, San Martin, Pueyrredon; sie reichen mit ihren westlichen, stark zerrissenen Teilen tief in die östliche Seitenkette der Anden hinein, von welcher Gletscher zu ihnen herunterreichen. Diese Seen verdanken ihre Entstehung der ungleichen Schichtenfaltung, die während des Aufsteigens der süd-

[1]) Bulletin Geograph. Soc. Philadelphia. Dezbr. 1900.

lichen Anden in der spätern Tertiärzeit stattgefunden hat. Östlich von dieser Seenreihe und bereits ausserhalb der Anden-Vorhügel geht eine zweite von Nord nach Süd, deren Glieder — wie Laguna Blanca, Cardiel, Colhue und Musters — kleiner sind als die in der ersten Reihe; diese sind nach Hatcher glazialen Ursprunges, entstanden aus dem Abdämmen vorglazialer Entwässerungswege durch Glazialgeröll während des Zurückweichens der Gletscher, die beim Schlusse der dortigen Eiszeit die betreffenden Thäler einnahmen. Über die Entstehungsursache dieser beiden Seensysteme ist wohl auch sonst kein Zweifel gewesen, wohl aber über die Bildung des dritten Systems, der zahlreichen Salzseen, die über die ganze patagonische Ebene von Bahia Blanca bis zur Magellan-Strasse zerstreut liegen. Dr. O. Nordenskjöld ist der Meinung, dass das Salz dieser Seen nicht direkt aus dem Meere herrührt, sondern daher, dass sie keinen Abfluss haben, und aus der Zuführung von Salz durch das von den umgebenden Felsen hineinfliessende Wasser. Hatcher wendet sich gegen diese Theorie und meint, dass diese von ihm Residualseen genannten, ausserordentlich flachen, aber streng umgrenzten und oft sehr ausgedehnten Gewässer ihr Salz hauptsächlich aus dem Meere bekommen haben; sie seien aus Wasserflächen entstanden, die während des allgemeinen Aufsteigens am Schlusse der Tertiärzeit vom offenen Meere abgeschnitten worden wären; sie wären also keine ehemaligen, durch Ausdunstung salzig gewordenen Süsswasserseen. Hatcher führt für seine Theorie noch eine Reihe von Beobachtungen ins Feld, auf die wir hier nur verweisen können.

12. Gletscher und Glazialphysik.

Über die Erscheinungen, welche einem Gletschervorstosse vorangehen, verbreitete sich Prof. Finsterwalder auf dem 13. deutschen Geographentage.[1]) Seit Ende des Jahrhunderts haben sich Erscheinungen gezeigt, welche auf einen Vorstoss der Gletscher hinweisen. Wenn man einen Versuch der Einteilung der Gletscherbewegung machen wolle, so könne man sie in rasch veränderliche und langsam veränderliche einteilen. Es kann das Gleichgewicht dadurch gestört werden, dass der Nachschub vermehrt, der Abfluss vermindert wird, also das Volum sich vermehrt und allmählich wieder ein Gleichgewicht erreicht wird. Nicht unwahrscheinlich ist, dass dieser Typus den langsam veränderlichen angehört; beobachtet ist dieser bisher nicht. Bei den rasch veränderlichen zeigt die Zunge flache, schmutzbedeckte Flächen, in der Höhe auf dem Firnfelde tritt eine schwache Schwellung auf, die mit ungewöhnlicher Schnelligkeit herabgeleitet, wie etwa ein Hochwasser schneller sich fortpflanzt, als das Wasser selber sich bewegt. Beim Suldenferner zeigten

[1]) Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1901. p. 316.

sich z. B. recht interessante Erscheinungen, die ein beachtenswertes Licht auf die Gebirgsbildung werfen. In der Zeit von 1890—1898 haben sich bei demselben 5—6 parallele Kämme gebildet, die sich trotz Abschmelzung sehr stabil halten. Durch Messungen am Gliederferner und am Vernagtferner hat Finsterwalder sehr bedeutende Veränderungen der Geschwindigkeit des Vorstosses festgestellt. Daraus ergaben sich wärend der Beobachtungszeit von 1889 bis 1900 Bewegungen von 17—200 *m*. Dass die Messungen und Beobachtungen richtig sind, und dass der Vorstoss in der mitgeteilten Weise stattgefunden hat, beweisen die Aufnahmen der Längsprofile. Die Kontrolle der Geschwindigkeit sei ein Mittel, um den Vorstoss zu beobachten und festzustellen. Die Untersuchungen wären nicht möglich gewesen, wenn sich nur einzelne ihnen widmen wollten. Nur eine grosse Kooperation (wie der Alpenverein) sei dazu in der Lage.

Der Rhonegletscher im Sommer 1900. Am 23. Juli jenes Jahres stürzte in Dreiviertelhöhe des Gletscherkataraktes etwa 300 *m* über dem Fusse des gewaltigen Absturzes auf dessen rechtem Ufer ein grosses Stück der Eisdecke zusammen. Dadurch eröffnete sich ein Einblick auf den Felsen, über den man den Gletscherbach in prächtigem Wasserfalle hinunterstürzen sah. Am Abende des 25. August brach der ganze Eisstreifen ein, der längs dem am 23. Juli schon entstandenen Loche an der rechtsufrigen Felswand hing, und stürzte als gewaltige Eislawine nach. Das Stück bildete bei 130 *m* Breite, 100 *m* Länge und etwa 4 *m* Stärke eine Eismasse von über 25 000 *cbm* nach den Schätzungen des Augenzeugen Ingenieurs Held. Der unterhalb liegende Teil des Gletschers wurde von den niederstürzenden Eismassen rein und glatt gefegt. Viele Blöcke wurden, bis sie unten in dem flachen Rhoneboden ankamen, beinahe zu gewaltigen Kugeln von etwa 20 *cbm* abgescheuert. Die Lehren aus diesen Vorgängen am Rhonegletscher fast Forel in folgende drei Punkte zusammen: 1. Die Eisdecke, die den Gletscherkatarakt bildet, ist nicht sehr mächtig, wie man bisher annahm, sondern kaum 5 bis 10 *m* stark, wenigstens an den Stellen, die im Laufe des hinter uns liegenden Sommers barsten. 2. Der Gletscher schleift die Granitfelsen sehr wenig ab, über die er als Eissturz niederfällt; denn die hier sichtbar gewordene Felswand dient seit der Eiszeit ununterbrochen als das Bett eines Eisstromes, der sich mit der ganz ungewöhnlichen Geschwindigkeit von etwa 150 *m* im Jahre bewegt. Und doch scheint sie fast nicht verändert; sie tritt kaum zurück hinter die Flucht der nicht mit Eis bedeckten Felspartien rechts und links vom Gletscher. 3. Der Gletscherbach verändert leicht seinen Lauf unter der Eisdecke.[1])

---

[1]) 216. Beilage zur Allg. Ztg.

Gletscherspuren in den Abruzzen hat Prof. Kurt Hassert gefunden.[1]) Sie sind von besonderem Interesse durch ihre Verquickung mit ausgesprochenen Karsterscheinungen. Die Zirkusbildungen, welche den Anfang jedes Thales bilden, sind aus echten Dolinen hervorgegangen; früher müssen sich auch vielfach Einsturzseen vorgefunden haben, die aber infolge des durchlässigen Kalkbodens längst verschwunden sind. Moränen, sowohl Grund-, wie Seiten- und Stirnmoränen, lassen sich noch an sehr vielen Punkten nachweisen.

Ehemalige Gletscher in den Südkarpathen. Schon vor mehr als 20 Jahren hat Lehmann über Eiszeitspuren in den Südkarpathen berichtet, doch wurde seine Behauptung angefochten. Im Jahre 1899 hat E. de Martonne einen Teil dieses Gebietes genauer durchforscht und zum Teil aufgenommen, nämlich die Hochregion des Parengmassivs, und über die Ergebnisse dieser Arbeit berichtet S. Puchleitner.[2])

Das zumeist aus krystallinischen Gesteinen bestehende Gebirge, über dessen Kamm die Grenze zwischen Ungarn und Rumänien verläuft, erreicht im Verfu Mandra mit 2529 *m* seinen höchsten Punkt und sinkt auch in den Übergängen nirgends unter 2100 *m* herab. Sein Kamm wird besonders auf der Nordseite von zahlreichen Karen gegliedert, welche auf der österreichischen Spezialkarte nur teilweise dargestellt sind. Die in den Nordabhang eingesenkten besonders typischen Zirken von Găuri und Gălcescu bilden den Gegenstand der von de Martonne unternommenen topographischen Aufnahme im Massstabe 1:10 000. Die schöne, sorgfältig ausgeführte Karte wurde im Februar 1900 mit einem erklärenden Texte unter dem Titel: „Le levé topographique des cirques de Găuri et Gălcescu“ im Buletinul Societății Inginerilor și Industriașilor de Mine (Bucarest) veröffentlicht. Nachdem der Verfasser darin über die Umstände und die Art seiner Arbeit bei Durchführung der topographischen Aufnahme berichtet und die von ihm verwendete Nomenklatur begründet hat, bespricht er die morphologischen Ergebnisse dieser Aufnahme und gelangt, indem er die Beweiskraft der verschiedenen Eiszeitspuren für eine ehemalige Vergletscherung erörtert, zu einer rein morphologischen Definition des Zirkus. Im gleichen Jahre liess de Martonne zwei grössere, zusammenfassende Aufsätze erscheinen: „Contribution à l'étude de la période glaciaire dans les Karpates méridionales“ im Bull. de la Soc. Géol. de Fr. 1900, **28.** p. 275—319 und: „Recherches sur la période glaciaire dans les Karpates méridionales“ im Bull. de la Soc. des Sciences de Bucarest 1900. **10.** Nr. 4. p. 1—60. Auch hier geht der

1) Globus **79.** p. 85.
2) Mitteil. k. k. Geogr. Ges. in Wien 1901. **44.** p. 124 ff.

Verfasser von derselben Diskussion aus, um die dadurch gewonnenen allgemeinen Gesichtspunkte bei der Deutung seiner im Parengmassiv wie in andern Teilen des Gebirges gemachten Beobachtungen zu verwerten. Dann stellt er die Ausdehnung der alten Vergletscherung in den Gebirgsmassiven der Südkarpathen fest, bespricht die Anzahl der Eiszeiten, welche sich aus den aufgefundenen Gletscherspuren ergeben, und die Höhenlage der ihnen entsprechenden Schneegrenzen.

De Martonne kommt zu folgenden allgemeinen Ergebnissen:

1. Der Zirkus ist ein mindestens ebenso sicherer Beweis der Vergletscherung wie Moränen, Schrammen und Rundhöcker. Er erhält sich nicht nur länger als alle andern Eiszeitspuren, sondern giebt auch Aufschluss über die Art der Vergletscherung. Er ist ein Zeichen für die Existenz von Kar- oder Hängegletschern, deren Ausdehnung er mit ziemlicher Sicherheit festzustellen gestattet.

2. Die Formen des Hochgebirges verdanken ihre Entstehung oft der Gletscherwirkung. Das ist eine charakteristische Thatsache für Gebirge, welche wie die Karpathen nur hier und da in jene Höhenzone hineinragen, wo man gegenwärtig alpine Formen erwarten dürfte. Sie sind an die Existenz der alten Gletscher gebunden, welche die verschiedenartige Beeinflussung des Bodens durch die äussern Agenzien bewirkten. Dort, wo die Region der Eiswirkung mit jener der Luft- und Wasserwirkung zusammenstiess, findet sich immer ein auffallender Gefällsbruch.

Nach diesen die Kare betreffenden Erwägungen scheint die Annahme gerechtfertigt, dass jene Teile der Karpathen, welche Hochgebirgsformen aufweisen, eine Vergletscherung trugen, für welche jede einigermassen deutliche orographische Individualität ein lokales Zentrum bildete.

Im Pareng sind die zahlreichsten und schönsten Zirken nach N. geöffnet. Zwei haben Ostexposition. Mehrere sind von kleinen Seitenzirken begleitet. Einige Kare öffnen sich nach S.; doch sind fast alle bedeutend kleiner, und manche nähern sich in ihrer Form bereits dem Erosionstrichter. Es scheint gewiss, dass der Nordabhang des Pareng, der mit einem grössern Areale seiner Oberfläche in Höhen über 2000 *m* hinaufreicht als der Südabhang, intensiver vergletschert war als dieser, wo sich Gletscher nur in geschützten Lagen entwickeln konnten.

Nordwestlich vom Parenggebirge liegt das Massiv des Retiezat, seine Gipfel sind niedriger als die des Pareng, aber an mittlerer Höhe dürfte es diesen übertreffen. Gegen Süden durch das Vulkangebirge gedeckt, waren seine Gletscher auf der Südseite wahrscheinlich ebenso bedeutend wie auf der Nordseite. Am Südabhange findet man hier sogar die grossartigsten und am meisten zusammengesetzen Zirken, die grössten und tiefsten Seen. Wie der Pareng besteht es aus krystallinischen Gesteinen von noch einförmigerer

geologischer Zusammensetzung. Seinen alpinen Charakter dankt es allein der Eiswirkung.

Nördlich von beiden Gebirgen dehnt sich eine ebenfalls krystallinische Region aus, welche manchmal unter dem Namen Mühlbachergebirge zusammengefasst wird. In den Gruppen des Surian (2061 *m*), des Cindrelu (2245 *m*) und des Steffleste (2251 *m*) giebt es Zirken mit Seen. Einer derselben wurde von Lehmann beschrieben, welcher hier sogar eine typische Stirnmoräne entdeckt zu haben glaubte. Besonders zahlreich scheinen die Eiszeitspuren im Westen des Retiezat zu sein. Hier erinnern der Sarco (2190 *m*), Muntemicu (1806 *m*), Boeresco (2160 *m*), Scărisoara (2223 *m*) und Paltinu (2145 *m*) ganz auffallend an die charakteristische Topographie des Parenggebirges. Alle Hochgipfel bestehen auch hier aus krystallinischen Schiefern. Die Zirken sind im allgemeinen auf dem Nordabhange mehr entwickelt.

In den Fogarascher Alpen fand de Martonne die schönsten Gletscherschrammen, die er bis dahin in den Karpathen gesehen hatte.

Das Vordringen des nordischen Inlandeises in die Grafschaft Glatz in Schlesien behandelte auf Grund eigener Studien E. Dathe.[1] „Die Grafschaft Glatz stellt ein ausgezeichnetes Kesselland dar, das sich in seiner Mitte bei der Stadt Glatz bis zu 300 *m* Meereshöhe vertieft und allseitig von hohen Gebirgszügen umrahmt wird. Diese Randmauern erheben sich vom Innern des Kessels terrassenförmig, sind vielfach zertrümmert und unterbrochen, so dass man von verschiedenen Seiten durch scharf ausgeprägte Engpässe Zutritt in dasselbe hat. Die von den Gebirgszügen herabfliessenden Gewässer, nämlich die Reinerzer Weistritz, die Steine und die Landecker Biele vereinigen sich bei Glatz mit der Neisse, die von S. her den tiefsten Teil des Geländes durchströmt, aber unterhalb Glatz in nordöstlicher Richtung das vorgelagerte paläozoische Warthaer Gebirge durchbricht und jenseits des Warthaer Passes in ebener Landschaft der Oder zufliesst. Das nordische Inlandeis drang von NO. her bis zum östlichen Fusse des Warthaer Gebirges vor, wo seine Grundmoräne bis zu 300 *m* Meereshöhe abgelagert ist. Die Minimalmächtigkeit des Eisrandes in diesem Striche muss mindestens auf 250 *m* veranschlagt werden, weil in einer Entfernung von kaum 1—2 *km* auf den Einsattelungen des Warthaer Gebirges und auf seiner Wasserscheide zwischen Niklasdorf und Wiltsch in einer Höhe von 560 *m* von Dathe bereits im Jahre 1888 zahlreiche grosse, erratische Blöcke von nordischen Graniten und Gneissen gefunden wurden. Die Maximalmächtigkeit des Inlandeises ist hier gewiss auf mindestens 400 *m* zu veranschlagen, weil die in die Grafschaft Glatz eingedrungenen Gletscher-

[1]) Zeitschr. d. deutschen Geolog. Gesellschaft 52. Protokoll p. 68.

zungen solche Höhen erstiegen haben, die eine derartige Mächtigkeit des Eisrandes wegen der notwendigen Druckverhältnisse beanspruchen.

Dem Inlandeise gewährte das Thal der Glatzer Neisse bei Wartha noch den bequemsten Zugang in die Grafschaft Glatz; freilich ist auch die Pforte bei Wartha recht schmal und eng gewesen. Westlich von Wartha erweitert sich das Thal; in seiner breiten Thalwanne folgt die Hauptgletscherzunge in einer Längserstreckung von über 20 *km* bis westlich von Glatz, wo mächtiger Geschiebelehm mit zahlreichen nordischen und einheimischen geschrammten und gekritzten Geschieben als Grundmoräne in grosser Ausdehnung unter dem Lösslehme verbreitet ist. Der zurückgelegte Weg dieser Hauptgletscherzunge ist im Neissethale durch einzelne grosse erratische Blöcke, Partien von diluvialen Sanden und Geschiebelehm noch jetzt gekennzeichnet.

Von dem Hauptgletscherarme des Neissethales zweigte sich nach NW. bei Giersdorf eine breite Gletscherzunge ab (der nordwestliche Gletscher).

Dem Hauptarme desselben, dessen Grundmoräne als Geschiebelehm bis zu 10 *m* Mächtigkeit bei Gabersdorf erhalten blieb, stellten sich in seinem Vorrücken nach NW. durch die dort entwickelten höhern Geländestufen (470 *m* Meereshöhe) unüberwindliche Hindernisse entgegen. Hier stand das Gletschereis wohl längere Zeit fest, wich schliesslich nach W. aus und folgte dem Thale des Ober-Gabersdorfer Wassers bis in das Thal des Credenzbaches bei Klein-Eckersdorf. Die Geschiebelehmpartien bei Vorwerk Neuhof und bei den Abbauen von Rothwaltersdorf lassen als von der nachträglichen Erosion verschont gebliebene Reste der Grundmoräne den 10 *km* langen Weg des vorgeschobenen Gletschereises erkennen; sie liegen 380—400 *m* hoch. Bis hierher wurde der Gletscher von 300 *m* Meereshöhe bei Giersdorf um 100 *m* hoch vorgeschoben, während er in seinen Flanken östlich von Gabersdorf bei den Feldhäusern sogar 180 *m* höher stieg, als bei seinem Ausgangspunkte bei Giersdorf; demnach musste das Inlandeis, von dem die Bewegung ausging, und dessen Unterkante bei 300 *m* Meereshöhe am Gebirgsrande lag, mindestens 400 *m* Maximalmächtigkeit besitzen.

Das über 40 *m* tiefe und verhältnismässig breite Thal des Credenzbaches lenkte unterhalb Rothwaltersdorf den Lauf des Gletschers aus seiner bisherigen Westrichtung in eine südliche ab. Nicht zahlreiche und nur kleine Partien von Geschiebelehm bezeichnen seinen Weg bis nach Schwenz, wo südlich des Ortes an der Chaussee bis zu den Krähenhäusern eine grössere Geschiebelehmpartie sich erhalten hat. Das Inlandeis hatte nun das alte Steinethal erreicht. Im Bette des Steineflusses ladet der Gletscher sein Material ab, das uns teilweise in grossen nordischen Blöcken in den Steineschottern aufbewahrt ist.

Der nordwestliche Gletscher legte somit von Giersdorf bei Wartha bis nach Niedersteine einen Weg von 16 *km* zurück. Die Form des zurückgelegten Weges lässt sich auf einen zwar im einzelnen noch vielfach gebogenen Halbkreis zurückführen, der im O., N. und W. den 516 *m* hohen Schwenzerwald umspannt, so dass diese Bergkuppen aus dem vordringenden Inlandeise hervorragten und sog. Nunatakr bildeten; da jedenfalls auch die Südseite des Schwenzerwaldes von einem Eisarme, der von Mühldorf aus über Wiesau nach den Lehdenhäusern vom Neissegletscher sich abzweigte, umgeben war.

Vom Inlandeise drangen kleinere Gletscherzungen in die vorhandenen Thäler des Warthaer Gebirges bei Herzogswalde, Niklasdorf und Briesnitz ein und schoben sich bis zu den Pässen, welche in die Grafschaft führen, vor. In gleicher Weise ist eine andere Gletscherzunge des Inlandeises von dem heutigen Reichenstein aus der Tiefenlinie zwischen Warthaer und Reichensteiner Gebirge gefolgt, da in dieser westlich des Neudecker Passes noch grosse nordische Blöcke beobachtet wurden, so dass auch von hier aus eine Invasion des Inlandeises anzunehmen ist."

Die Vergletscherung des östlichen Spitzbergens während der Eiszeit ist von Prof. G. de Gur studiert worden.[1]) Es ergiebt sich, dass nicht allein der Storfjord, sondern auch dessen submarine, von den Tiefenlinien bezeichnete Fortsetzung einst mit einer Inlandeisdecke von gewaltiger Ausdehnung angefüllt gewesen ist. Ferner: dass die ehemalige Vereisung des Storfjords nicht nur das eigentliche Fördenbecken ausgefüllt, sondern auch dessen Ufer bis zur Höhe von mindestens 840 *m* überschwemmt hatte. Wahrscheinlich sind jedoch einige im Norden und Nordosten angrenzende, über 500 *m* hohe Berge dabei vom Eise überschritten worden, so dass das Eis quer über die gegenwärtige, vielleicht nicht mehr so hoch liegende Wasserscheide nach Westen abgeschlossen ist. Auf jeden Fall muss das Inlandeis sogar draussen an der Mündung des Storfjords von sehr beträchtlicher Mächtigkeit gewesen sein, die in anbetracht der Tiefe der Förde wenigstens 600 und wahrscheinlich über 700 *m* betragen haben muss.

Die Ursache, weshalb das Inlandeis sich innerhalb der östlichen Teile Spitzbergens anhäufte und nicht genügenden Abfluss nach SO finden konnte, obwohl der in Betracht kommende mächtige Sund sich in dieser Richtung so stark erweiterte, kann, wie in Nordeuropa, nur in einer mächtigen Ausbildung des Packeises auf dem Meere und besonders auf dem Barentsmeere südöstlich von Spitzbergen zu suchen sein. Eine derartige Packeisbildung müsste zuletzt

---

[1]) Geol. fören. Stockholm förh. 22. Heft 5. Bericht darüber nach Potoniés naturw. Wochenschrift 1901. p. 7, woraus oben der Text.

den Abfluss des Inlandeises nach dieser Richtung wesentlich erschweren und dasselbe zwingen, sich quer über die hemmenden Landrücken oder wenigstens über die Passpunkte derselben hinweg einen Weg nach SW, nach dem um diese Zeit wahrscheinlich eisfreien Wasser des Atlantischen Ozeans zu bahnen.

13. Die Lufthülle im allgemeinen.

Über die neu entdeckten Gase der Atmosphäre verbreitete sich Professor Ramsay in der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu London.[1]) Er glaubte anfangs, ausser dem Xenon noch ein neues Gas, das Metargon, entdeckt zu haben, doch war dies ein Irrtum. Um die schwerern Gase Krypton und Xenon zu erhalten, liess Ramsay eine grosse Menge flüssiger Luft ruhig verdampfen. Der Rückstand wurde von Sauerstoff und Stickstoff befreit und lieferte dann ein Gemisch von Krypton, Xenon und Argon, wobei das letztere bei weitem den grössten Teil des Gases bildete. Dieses Gemisch wurde verflüssigt, indem man es in eine Kugel fliessen liess, die in flüssige Luft getaucht war, das Argon wurde entfernt, sobald die Temperatur stieg, während Krypton nnd Xenon zurückblieben. Durch häufige Wiederholung dieses Prozesses gelang es schliesslich, die drei Gase voneinander zu trennen. Während Krypton eine beträchtliche Dampfspannung bei der Temperatur der siedenden Luft hat, ist der Dampfdruck des Xenons kaum merklich, und dies lieferte ein Mittel, zuletzt auch diese beiden Gase voneinander zu trennen.

Beim Neon war das Darstellungsverfahren verschieden. Der Luftverflüssigungsapparat lieferte zunächst einen Vorrat von flüssiger Luft; das aus dem Apparate entweichende Gas war grösstenteils Stickstoff. Dieses Gemisch wurde in einer Kugel verflüssigt, die in die flüssige Luft tauchte, welche die Maschine lieferte. Sobald die Kugel mit flüssigem Stickstoffe gefüllt war, wurde ein Luftstrom so lange durch die Flüssigkeit getrieben, bis etwas von dem Gase verdampft war, dieses wurde gesammelt und vom Sauerstoffe durch Leitung über rotglühendes Kupfer befreit. Es enthielt nun den Hauptteil des Neons und das in der Luft vorhandene Helium. Der Rest des Stickstoffes wurde der flüssigen Luft zugesetzt, die zur Abkühlung der Kugel diente, in welcher der Stickstoff verdichtet wurde. Nachdem eine beträchtliche Menge dieses leichten Stickstoffes erhalten worden, wurde sie in üblicher Weise von diesem Gase gereinigt, und das Helium und Neon enthaltende Argon verflüssigt. Durch fraktionierte Destillation war es möglich, den grössten Teil des Heliums und Neon aus diesem Gasgemische zu entfernen, während das Argon zurückblieb. Zahlreiche Versuche

[1]) Proceedings Roy. Soc. 1901. 67. p. 329.

wurden angestellt, um das Helium vom Neon zu trennen. Dabei verwendete Ramsay die fraktionierte Lösung in Sauerstoff, welcher eine systematische Diffusion der beiden Gase folgte; aber es stellte sich nicht als möglich heraus, die Dichte des Neons über die Zahl 9.16 zu steigern; sein Spektrum zeigte auch noch Heliumlinien. Erst als flüssiger Wasserstoff mittels eines Apparates, den Travers ersonnen, in Menge erzeugt worden war, glückte die Trennung. Das Neon war bei der Temperatur des siedenden Wasserstoffes verflüssigt oder erstarrt, während das Helium gasförmig blieb. Wenige Fraktionierungen dienten dann dazu, reines Neon zu erzeugen.

Diese Gase sind alle einatomig; dieses wurde bewiesen durch die Bestimmung des Verhältnisses ihrer spezifischen Wärmen nach Kundts Methode. Die physikalischen Eigenschaften, welche ermittelt wurden, enthält folgende Tabelle. In derselben bezeichnet A das Brechungsvermögen (Luft = 1), B die Dichte (O = 16), C den Siedepunkt bei 760 *mm*, D die kritischen Temperaturen, E den kritischen Druck, F das Verhältnis der Dampfdrucke, G das Gewicht von 1 *ccm* Flüssigkeit, H das Molekularvolum. Die Temperaturen sind absolute, der Druck ist in Metern, das Gewicht in Grammen ausgedrückt.

	Helium	Neon	Argon	Krypton	Xenon
A	0.1238	0.2345	0.968	1.449	2.364
B	1.98	9.97	19.96	40.88	64
C	?	?	86.9°	121.33°	163.9°
D	?	unter 68°	155.6°	210.5°	287.7°
E	?	?	40.2	41.24	43.5
F	?	?	0.0350	0.0467	0.0675
G	?	?	1.212	2.155	3.52
H	?	?	32.92	37.84	36.40

Die Zusammendrückbarkeit dieser Gase wurde bei zwei Temperaturen gemessen, nämlich bei —11.2° und —237.3°; der Wert von P.V (Druck mal Volum) eines idealen und vollkommenen Gases ist bei 11.2° = 17.710 *m.ccm* und bei 237.3° = 31.8000; allerdings nur unter der Annahme, dass das Produkt konstant bleibt, welches auch die Änderung des Druckes ist. Beim Wasserstoff wächst das Produkt bei 11,2° mit der Steigerung des Druckes; bei Stickstoff nimmt es, nach Amagat, zuerst wenig ab und wächst dann langsam. Bei Helium ist die Zunahme schneller als bei Wasserstoff; bei Argon findet man anfangs keine beträchtliche Abnahme, dann bei sehr hohen Drucken eine mässige Zunahme, obwohl das Produkt bei 100 Atmosphären Druck den theoretischen Wert nicht erreicht; beim Krypton ist die Änderung mit steigendem Drucke eine noch ausgesprochenere Abnahme, und bei Xenon ist die Abnahme sehr plötzlich. Bei höhern Temperaturen sind die Ergebnisse schwieriger zu verstehen. Während Stickstoff einen nahezu konstanten Wert für P.V behält, nimmt dieser beim Helium schnell ab, dann aber zu, und dieselbe Eigentümlichkeit wird bei den andern Gasen bemerkt.

Die Spektra dieser Gase sind von E. C. C. Baly mit einem Rowlandschen Gitter sorgfältig gemessen worden, und die Resultate dieser Messungen werden in kurzem veröffentlicht. Es mag bemerkt werden, dass die Farbe einer Neonröhre ungemein glänzend und orangerot ist; sie gleicht am meisten einer Flamme und ist charakterisiert durch eine Menge intensiver orangefarbener und gelber Linien; die des Kryptons ist blassviolett, und die des Xenons ist himmelblau.

Die Gase bilden endlich eine Reihe in der periodischen Tabelle zwischen der des Fluors und derjenigen des Natriums.

Die Absorption der Sonnenwärme in der Atmosphäre und ihre Variation mit zunehmender Höhe über dem Meere, bildete den Gegenstand einer wichtigen Publikation von Knut Angström.[1])

Die Beobachtungen wurden auf der Insel Teneriffa am Pic de Teyde, unter den denkbar günstigsten atmosphärischen Verhältnissen, in den Monaten Juni und Juli der Jahre 1895 und 1896 bis zu der Höhe von 3700 *m* über Meer ausgeführt und geben ein übersichtliches Bild über die Variation der Strahlungsintensität mit zunehmender Seehöhe für den gewählten klassischen Beobachtungsort und die genannte Jahreszeit. Die erste Besteigung des Pic de Teyde fand am 9. Juni 1895 statt; auf »Alta Vista«, in einer Seehöhe von 3252 *m*, dem alten Beobachtungsplatze von Piazzi Smith, wurden die zahlreichen Messungen gemacht, sodann noch 250 *m* höher auf der sogenannten »Rambleta«, und endlich auf dem Gipfel selbst. Am 15. Juni ging Prof. Angström auf die Nordseite des Pic, in eine Höhe von 1827 *m*, wo gleichzeitige Beobachtungen mit dem auf Alta Vista zurückgebliebenen Begleiter, Edelstam, ausgeführt wurden. Am 19. Juni kehrte die Expedition nach Villa Orotava (auf der Nordseite) zurück, wo ebenso wie am Hafen von Orotava und St. Cruz neuerdings Messungen gemacht wurden.

Die Witterung war auf Alta Vista vom 9.—19. Juni vollkommen klar und gleichmässig von einem Tage zum andern, und die daraus erhaltenen Radiationskurven waren daher fast absolut symmetrisch zum Mittage. Auf der Rückreise wurden dann am 25. und 26. Juli in der Schweiz noch gleichzeitige Beobachtungen in Brienz und auf dem Brienzer Rothorn ausgeführt. Leider waren aber hier die Witterungsverhältnisse so ungünstig, dass dem erhaltenen Beobachtungsmateriale kein hohes Gewicht beigelegt werden kann.

Aus Gründen, die Angström in der Arbeit näher erwähnt, erreichen die aktinometrischen Messungen des Jahres 1895 auf Teneriffa allerdings nicht die für absolute Bestimmungen erwünschte grösste Genauigkeit; doch behalten sie ihren hohen Wert als relative

[1]) Nova acta Reg. Soc. Sc. Ups. 1900. Série III.

Bestimmungen, indem sie auch recht gut mit den Beobachtungen des Jahres 1896 stimmen. Bezüglich der zweiten Expedition (Juni und Juli 1896) giebt ein ausführlicher Auszug aus dem Beobachtungsjournale für die Tage des 21.—24., 25., 27., 29. Juni und 2.—3. Juli 1896 einen Einblick in die zahlreichen und wechselseitig ausgeführten korrespondierenden Messungen auf den gewählten Stationen: Gipfel des Pic de Teyde (3692 *m*), Alta Vista (3252 *m*), Cañada (2125 *m*) und Guimar 360 *m*). Von ganz ausgezeichneten Witterungsverhältnissen begleitet waren die beiden Tage, an denen gleichzeitig in Guimar und auf dem Pic beobachtet wurde, so dass daraus ein recht zuverlässiges Bild über die Variation der Strahlungsintensität zwischen dem Meeresniveau und der Höhe des Pic abgeleitet werden konnte.

Was die Ergebnisse anbelangt, so wurde für jede einzelne Station die Gesamtstrahlung während des Tages berechnet, ebenso deren Vertikalkomponente und als Resultat (in Grammkalorien per Minute und *qcm*) nachstehende Werte erhalten:

Station:	Guimar	La Cañada	Le Pic
Höhe	360	2125	3683 *m*
Barometerstand . . .	734	597	493 *mm*
Gesamtstrahlung . . .	940	1100	1180 Kal.
Vertikalkomponente .	671	755	799

Die Gesamtstrahlung während des Tages wächst also um nahe 30 % vom Meeresniveau bis zur Höhe von 3700 *m*; die Vertikalkraft nimmt dabei um ungefähr 22 % zu. Es zeigt sich ferner aus graphischen Darstellungen, dass die Zunahme der Sonnenstrahlung mit wachsender Erhebung um so schneller erfolgt, je grösser die Zenithdistanz ist. Setzt man die Intensität der Sonnenstrahlung an der untern Station jeweils gleich 1, so ergeben sich für Teneriffa folgende sprechende Verhältniszahlen:

	Guimar	La Cañada	Pic
Meereshöhe	360	2125	3683 *m*
Höhe der Sonne	Stärke der Sonnenstrahlung		
10°	1	1.34	1.50
30	1	1.18	1.25
50	1	1.15	1.21
80	1	1.11	1.17

Bei 10° Sonnenhöhe beträgt demnach die Zunahme der Strahlungsintensität für 3300 *m* Erhebung volle 50%, bei 30° dagegen nur mehr ein Viertel und bei 80° bloss noch 17%.

Noch deutlicher zeigt sich der Einfluss der veränderlichen Teile der Atmosphäre, d. h. der Menge des Staubes und Wasserdampfes, auf die Grösse der Sonnenstrahlung, wenn man die Strahlungen nach der Dicke der Atmosphäre in verschiedenen Meereshöhen nimmt.

Vergleicht man die Strahlung am Meeresniveau in Teneriffa mit der bei gleichem Feuchtigkeitsgehalte in nördlichern Breiten gefundenen, z. B. Guimar mit Upsala, so findet man im Sommer

keine erheblichen Unterschiede; sie kann in Upsala (bei gleicher Sonnenhöhe) an klaren Tagen sogar noch etwas grösser sein.

Anders dagegen verhält es sich im Winter, und hier zeigt sich der grosse Einfluss des Wasserdampfes, indem an einem schönen kalten Wintertage die Strahlung in Upsala ebenso gross ist, wie auf dem Gipfel des Pic (in 3688 *m*) im Sommer für dieselbe Dicke der Atmosphäre.

Unter Zugrundelegung der bekannten einfachen Absorptionsformel und mit Hilfe der aus den Beobachtungen von 1896 sich ergebenden mittlern Strahlungskurve berechnete Ångström auch den Durchlässigkeitskoeffizienten für verschiedene, je um eine Einheit sich unterscheidenden Atmosphärenschichten, und zwar für den Pic, Cañada und Guimar.

Man erkennt hieraus vorerst, dass der Durchlässigkeitskoeffizient sehr gross ist und überdies mit der Höhe und mit der Dicke der Atmosphäre ein wenig wächst; aber nachdem die Strahlen etwa drei Atmosphärenschichten passiert haben, bleibt er nahe konstant. Alles dies scheint auf eine reine Atmosphäre von relativ grosser Feuchtigkeit hinzuweisen. Doch darf nicht vergessen werden, dass der einfachen Absorptionsformel nur eine beschränkte Gültigkeit zukommt, insbesondere wenn die Schichtendicke grössere Werte annimmt, auch ändern die »Konstanten« bedeutend ihre Werte je nach den meteorologischen Verhältnissen. Die Absorption der Sonnenstrahlung in der Atmosphäre ist ferner nicht nur abhängig von der trockenen Luft, sondern auch von der darin enthaltenen Kohlensäure, dem Staube und insbesondere dem Wasserdampfe.

Die atmosphärische Strahlung untersuchte Frank Very[1]), der vieljährige Mitarbeiter Langleys am Alleghanyobservatorium. J. Maurer, dessen theoretische Arbeiten auf diesem Gebiete bekannt sind, hat eine lichtvolle Analyse der Untersuchungen Verys gegeben,[2]) der das folgende entnommen ist.

Bei seiner Experimentaluntersuchung über die Strahlung der Gase (vornehmlich atmosphärischer Luft, Wasserdampf, Kohlensäure) verwendete Frank Very unter Benutzung des Bolometers bekannter Langleyscher Konstruktion verschiedene Methoden, von denen aber die eine, weil unzuverlässig, verworfen werden musste. Bei der zweiten wurde ab und zu ein heisser aufsteigender Luftstrom von variabler Dicke vor der Öffnung des Bolometers vorübergeführt und die Ausschläge des Galvanometers gemessen. Die dritte — Hauptmethode — hatte den Vorteil, die Strahlung der Luft und anderer Gase (Wasserdampf, Kohlensäure etc.) bei verschiedenen Drucken und Temperaturen prüfen zu können. Der dabei benutzte Apparat bestand aus einem eisernen Cylinder (von 12 engl. Zoll innerem Durchmesser, 60″ Länge und 250 Pfund Gewicht), dessen eines Ende, vor dem das Bolometer zur Aufnahme der Gasstrahlung fixiert war, durch eine Steinsalzplatte verschlossen wurde, während das andere Ende eine Stopf-

---

[1]) Frank W. Very: Atmospheric radiation; a research conducted at the Alleghany Obs. and at Providence R. I. U. S. Dep. of Agric. Weather Bureau. Bulletin G. 1900.

[2]) Meteorol. Zeitschrift 1901. p. 224.

büchse enthielt, durch die ein Stempel mit geschwärzter Kupferscheibe läuft, durch dessen Hin- und Herbewegung einerseits eine für die Temperaturausgleichung nötige Mischung des Gases erzielt, anderseits aber auch die Länge der strahlenden Gassäule reguliert werden konnte. Von unten wurde der Gascylinder durch vier grosse Bunsenbrenner geheizt, und ferner ist ersterer durch eine seitliche Rohrverbindung mit Luftpumpe und Manometer in Kommunikation, während eine weitere Rohrverbindung zu einem kleinen eisernen Erhitzer führt, der mit graduiertem Stellhahne versehen ist und mit einer Reihe von Trockenflaschen, Kohlensäureerzeugern u. s. w. in Verbindung steht, je nach den Erforderungen des Experimentes. Endlich eine vierte Methode diente noch dazu, die relative Strahlung von reiner und staubiger Luft und von Wasserdampf zu ermitteln.

Für die Reduktion der Instrumentalablesungen auf absolutes Mass dienten als Standardstrahlung die sorgfältigen Bottomleyschen Messungen an berussten Kupferflächen, nach denen die in einer Sekunde von einer schwarzen Kupferoberfläche bei 100° C. gegen eine ebensolche von 0° ausgestrahlte Wärmemenge per Quadratzentimeter 0.0126 *g*-Kal. beträgt. Als Einheit der Wärmestrahlung führte Prof. Very die Bezeichnung »radim« ein, d. i. die Gramm-Wasser-Zentigrad-Wärmeeinheit, abgegeben auf dem Wege der Strahlung in der Zeiteinheit von der Flächeneinheit für 1° C. Temperaturüberschuss, welche wir nachstehend durch die äquivalente thermische Energie, repräsentiert von unserer kleinen Grammkalorie ersetzen. Die von dem Bolometer aufgenommene, in absoluten Einheiten gemessene Strahlung wurde dann durch einen besondern, auf den Öffnungs- und Massverhältnissen des Bolometers basierenden, Reduktionsfaktor in die »hemisphärische« Strahlung verwandelt, die von der Flächeneinheit in der Zeiteinheit allseitig ausgestrahlt wird.

Prof. Very beschreibt in ausführlicher Weise alle die verschiedenen Methoden, welche seine mühevollen Untersuchungen erforderten, und giebt in zahlreichen numerischen Beispielen und Tabellen weitestgehenden Einblick in das gewonnene, vielseitige Beobachtungsmaterial; einige dreissig Seiten der grossen Arbeit werden ferner der sorgfältigen Diskussion von Tyndalls berühmten Experimenten über die Absorption der Wärmestrahlung durch Gase und Dämpfe (hauptsächlich dem Wasserdampfe) gewidmet und ebenso Paschens, Ångströms u. a. Arbeiten auf demselben Gebiete der Wärmeemission und Absorption der Gase einlässlich berührt. Mit Hilfe dieser letztern Untersuchung leitet Prof. Very auch noch besondere Korrektionen ab, die zum Schlusse des experimentellen Teiles der Untersuchung einen übersichtlichen Begriff über die Beziehungen, zwischen der totalen Gasstrahlung durch die Einheit der Fläche in der Zeiteinheit mit der Temperatur und der Dicke der strahlenden Gasschicht ergeben.

So erhält nun Frank Very für die Strahlung reiner atmosphärischer Luft in Grammkalorien die per Sekunde durch einen Quadratzentimeter ausgegeben wird, für verschiedene Dicken der Luftschicht (bei 785 *mm* Druck) die nachstehenden Werte:

Schichtendicke:	125 *cm*	100 *cm*	75 *cm*	50 *cm*	25 *cm*
Temperaturdifferenz	Strahlung der Luft				
100° C.	.00442	.00353	.00265	.00176	.00088
90	.00325	.00260	.00195	.00130	.00065
80	.00238	.00190	.00143	.00095	.00048
70	.00173	.00133	.00104	.00069	.00035
60	.00123	.00099	.00074	.00049	.00025
50	.00086	.00068	.00051	.00034	.00017
40	.00056	.00045	.00034	.00023	.00011
30	.00035	.00028	.00021	.00014	.00007
20	.00019	.00016	.00012	.00008	.00004
10	.00008	.00006	.00005	.00003	.00002

Und entsprechend für die Strahlung der Kohlensäure:

Schichtendicke:	100 *cm*	75 *cm*	50 *cm*	25 *cm*
Temperaturdifferenz	Strahlung im Grammkalorien			
100° C.	.00897	.00821	.00632	.00383
80	.00540	.00494	.00381	.00219
60	.00319	.00292	.00225	.00129
40	.00169	.00155	.00119	.00068
20	.00064	.00059	.00045	.00026
10	.00027	.00025	.00019	.00011

Aus den für die Gesamtemission reiner atmosphärischer Luft mitgeteilten Daten berechnet sich nun leicht, dass deren Strahlungskoeffizient, d. h. die Wärmemenge, welche pro Sekunde an die Umgebung von einem Quadratzentimeter einer zentimeterdicken Luftsäule bei 1° Temperaturdifferenz auf dem Wege der Strahlung ausgegeben wird, nahe beträgt:

$$\sigma = 0.000\,000\,06\ g\text{-Kal.}$$

oder reduziert auf die Stunde: $\sigma = 2.16 \times 10^{-4}$

dagegen nach Maurer: $= 0.418 \times 10^{-4}$ } (bei 0° C. u. 760 *mm* Druck)

nach Trabert: $= 0.423 \times 10^{-4}$ }

Prof. Very ist der Ansicht, dass die Differenz zwischen den letztern merklich kleinern Werten und dem seinigen des Strahlungskoeffizienten der atmosphärischen Luft sehr wahrscheinlich herrühre aus der Absorption der eigenen Strahlung in der Atmosphäre, wo doch erheblich grössere Mengen im Spiele stehen als bei der experimentellen Untersuchung im Laboratorium. Vermutlich werden hier aber auch noch andere Einflüsse in Wirksamkeit treten, da bei der Ableitung des Strahlungskoeffizienten atmosphärischer Luft aus meteorologischen Beobachtungen weder reine, staubfreie, noch trockene Luft vorausgesetzt werden darf.

Prof. Hutchins[1]) hat früher versucht, auf experimentellen Untersuchungen über die Strahlungen der atmosphärischen Luft beruhende Werte des Radiationskoeffizienten der letztern herzuleiten. Er fand für die Volumeinheit-Kubikzentimeterluft per Sekunde (bei 1° Temperaturdifferenz gegen die Umgebung) im Mittel:

$h = 0.000\,0014\ g$-Kal. (reduziert auf die Stunde: $50 \times 10^{-4}\ g$-Kal.)

Dieser Wert ist viel grösser, wie die von Very auf dessen sorgfältigen Bestimmungen beruhende Angabe. Er wird auch kaum mehr als haltbar bezeichnet werden können, denn schon Paschen bemerkte, dass die Strahlungen der Luft, welche Hutchins im Laboratorium gemessen hat, nichts weiter waren, als diejenigen des Wasserdampfes und der Spuren von Kohlensäure, welche sich in dieser Luft befanden; zudem unterschätzte Prof. Hutchins, wie Frank Very zeigt, die Dicke der strahlenden Luftschicht, wodurch seine Messungen der Strahlung für die Einheit der Dicke (*cm*) an sich schon erheblich zu gross ausfallen müssen.

Dass die auf theoretischem Wege aus dem Gange der Lufttemperatur bei Nacht hergeleiteten Werte für die Strahlung der atmosphärischen Luft voraussichtlich zu klein sind, hat bereits Trabert nachgewiesen,[2]) und in der That ergeben auch die oben mitgeteilten Veryschen Messungen schon für ganz reine Luft Daten, die nahe fünfmal so gross sind wie diese; übrigens zeigt auch Frank Very an verschiedenen Beobachtungsreihen, dass geringe Beimengungen von Staub, die verhältnismässig grosse atmosphärische Massen durchsetzen, deren strahlende Kraft nur wenig zu ändern vermögen.

[1]) Radiation of atmospheric air by C. C. Hutchins; Amer. Journal of Science 43. 1892.

[2]) Meteorol. Zeitschr. Juli 1892.

Die Veryschen Angaben über die Strahlung der Kohlensäure und des Wasserdampfes in absolutem Masse ergeben, dass für die Sekunde per Quadratzentimeter Oberfläche die Strahlung einer Meterschicht Kohlensäure bei 50° Temperaturüberschuss über die Umgebung von 0° C. 0.002 38 g-Kal. ergiebt, also eine strahlende Kraft, die ungefähr $3^1/_2$ soviel wie für Luft beträgt unter denselben Verhältnissen, während für eine Wasserdampfschicht von 152 cm Dicke und $^1/_6$ Atmosphärendruck die Strahlung $2^1/_2$ mal so gross ist (0.011 g-Kal.) wie für den entsprechenden trockenen Luftkörper bei einer Temperatur, die nahe dem Siedepunkte des Wassers entspricht, demnach ungefähr $^6/_{10}$ der strahlenden Emission einer soliden schwarzen Fläche beträgt nach den Bottomleyschen Messungen. Dagegen ist für ganz geringe Dicken der Dampfschicht deren strahlende Kraft noch grösser, indem nach den Veryschen Beobachtungen ein Dampfstrahl von nur geringer Dicke sogar über viermal so stark strahlt, wie ein Luftstrom von entsprechenden Dimensionen.

Schon Hutchins versuchte, die Strahlung der heissen Luft durch verschiedene Substanzen zu sichten; so zeigten ihm bei einer Temperatur von 200° die Versuche mit einer sehr reinen 0.5 cm dicken Quarzplatte, dass auch nicht die geringste Spur einer Wärmewirkung hindurchgelassen wurde. Da Quarz nur für sehr langwellige Strahlen undurchlässig ist, von rotglühendem Platin 81 % und selbst noch von Lampenruss (bei 100° C.) 8 % hindurchlässt, so folgt hieraus schon, dass es jedenfalls sehr grosse Wellen sind, aus denen die Strahlung der Luft sich zusammensetzt.

Einen Versuch, diese geringe Strahlung erwärmter Luft in ein Spektrum auszubreiten und die spektrale Verteilung der Energie zu untersuchen, hielt Hutchins damals für aussichtslos. Frank Very giebt uns nun in seiner Arbeit zum erstenmal von der Strahlung der feuchten Luft eine — allerdings nur — approximative Darstellung, über deren spektrale Energieverteilung, und zwar für die Temperatur von 50° C. Die Lage der Bänder darin beruht auf den Beobachtungen Paschens, Rubens und Aschkinass über die Emission von Wasserdampf und Kohlensäure, mit alleiniger Ausnahme der strahlenden Energie der äussersten Wellenlängen, welche Prof. Very vorläufig einem oder mehrern der sog. permanenten Gase Sauerstoff, Stickstoff etc. zuschreiben möchte, auf Grund der von Hutchins gemachten Beobachtungen über die Absorption der Luftstrahlung durch Quarz. Die Form der Energiekurve variiert natürlich je nach Temperatur und Zusammensetzung der Luft. Von den auftretenden relativen Emissionsmaximis wird angenommen, sie variieren in umgekehrtem Verhältnisse zur Absorption, doch muss auch einige Abweichung von dieser Regel vorausgesetzt werden.

Eine direkte Feststellung der Energieverteilung im Spektrum der Luft-, Sauerstoff- und Stickstoffstrahlung ist übrigens sehr schwierig und auch Paschen bei seinen frühern sorgfältigen Versuchen über die Emission und Absorption der Gase nicht gelungen. Die Beobachtungen mit warmer Luft und Sauerstoff z. B. ergaben keine neuen, irgendwie hervortretenden Erhebungen im Spektrum, trotzdem die Empfindlichkeit des Bolometers sehr gross war. Auch daraus ist zu schliessen, dass die von Frank Very gegebene Darstellung über die spektrale Energieverteilung der Luftstrahlung nur als erste provisorische Näherung an die thatsächlichen Verhältnisse aufgenommen werden muss.

Eines der wichtigsten Resultate der Paschenschen Arbeiten war der Nachweis, dass die von Langley im Sonnenspektrum gefundenen »kalten Banden« alle innerhalb der Messungsfehler mit den Absorptionsstreifen der Kohlensäure und des Wasserdampfes koinzidieren, und der weitere Verlauf der Energieverteilung im Sonnenspektrum an der Erdoberfläche zeigt uns auch, dass vermöge dieser Absorption durch Kohlensäure, Wasserdampf (und möglicher Weise noch durch die sog. permanenten Gase

der Atmosphäre) die spektrale Energie jenseits der Wellenlänge von ungefähr 18 μ fast gänzlich abgebrochen wird, indem hier die noch vorhandenen Anzeichen noch nicht absorbierter Sonnenstrahlung schon ausserordentlich schwach sind. Noch vor jener kritischen Wellenlänge bei 18 μ bedeckt aber im infraroten Sonnenspektrum das bekannte grosse Wasserdampf-Band Σ eine ebenfalls charakteristische Region zwischen 5 und 8 μ, also fast genau an der Stelle, wo im Energiespektrum der atmosphärischen Strahlung letztere ihr Maximum erreicht, und dem entsprechend auch die Absorption der vom Erdboden ausgesandten dunklen Strahlung eine recht kräftige ist. Das im weitern bekannte differentielle Verhalten der Transmission solarer und terrestrischer Radiation bei ihrem Durchgange durch unsere Atmosphäre und dessen grosse Bedeutung für den Energiehaushalt unseres Erdballes führt nun Professor Very am Schlusse seiner Arbeit in verschiedenen Beispielen und bemerkenswerten „Folgerungen" vor, deren Ergebnisse auch mit den Arbeiten Knut Ångströms: »Über die Intensität der Sonnenstrahlung in verschiedenen Meereshöhen,« und: »Über die Bedeutung des Wasserdampfes und der Kohlensäure bei Absorption der Erdatmosphäre,« harmonieren.

Schliesslich verbreitet sich Maurer über eine die Meteorologie besonders interessierende Frage, welche die atmosphärische Absorption von strahlender Wärme niedriger Temperatur betrifft, und für welche aus den Veryschen Arbeiten sich zum Teile eine recht bedeutsame Erweiterung unserer bisherigen Anschauungen giebt. Für meteorologische Probleme verschiedener Art hat die Frage ein grosses Interesse, ob und in welchem Grade unsere Atmosphäre für die dunkle Erdstrahlung durchlässig ist, oder mit andern Worten, in welchem Betrage Wärme von der Erdoberfläche auf dem Wege direkter Strahlung durch die Atmosphäre hindurch in den Weltraum hinaus entweicht. Diese Frage hat bereits Pouillet lebhaft beschäftigt, und er suchte (1838) den Nachweis zu führen, dass sehr nahe ein Zehntel der ausgestrahlten Erdwärme die reine Atmosphäre passieren kann.

Mitte der achtziger Jahre hat Maurer dann auf theoretischem Wege eine obere Grenze für die Grösse derjenigen Wärmemenge abgeleitet, welche von der Strahlung der gesamten, nicht erleuchteten Atmosphäre herrührt, und die darauf hinwies, dass der Absorptionskoeffizient für die von der Erdoberfläche ausgesandte Strahlung zwar sehr wenig, aber immer noch um einen bestimmten kleinen Betrag von der Einheit entfernt ist, ein paar Prozente der Erdoberflächenstrahlung demnach jedenfalls noch durch die Lufthülle hindurch in den Raum entweichen können. Dann ist Pernter, gestützt auf seine Messungen der Ausstrahlung auf dem Hohen Sonnblick, wenige Jahre später zu dem Resultate gelangt, dass unsere Atmosphäre als ganzes sich wie ein idealer schwarzer Körper verhält, der alle von der Erdoberfläche bei gewöhnlichen Temperaturen emittierten Strahlen absorbiert, daher nie ein von der Erdoberfläche ausgesandter Strahl durch die Atmosphäre in den Weltraum hinausdringen kann.

Dem gegenüber standen aber die Langleyschen Untersuchungen: »Über das unsichtbare Spektrum der Sonne und des Mondes«,[1]) welche basierend auf einer grossen Reihe sorgfältiger spektrobolometrischer Messungen im unsichtbaren Wärmespektrum der Sonne und des Mondes, den direkten Nachweis führten, dass unsere Atmosphäre auch für die Strahlung so grosser Wellenlängen (10—18 μ) wenigstens teilweise und in geringem Grade diatherman ist, wie sie dem Radiationsmaximum niedrig temperierter Oberflächen sehr nahe entspricht. Langley selbst sprach sich darüber in folgenden Worten aus: ». . . . Es ist evident, dass hier bei Temperaturen unter 100° C. jene Strahlen zu finden sind, welche sowohl die nächtliche, als auch die Ausstrahlung zur Tageszeit, die von der

[1]) Phil. Magaz. 1888. 26. Dezemberheft.

Oberfläche unseres eigenen Planeten ausgeht, ausmachen. Wir bemerken, dass wenn solche Strahlen, von der Sonne ausgehend, die Luft durchdringen können, dass sie dann auch ausgehen können von einem eisbedeckten Boden und noch mehr von einem gewöhnlichen, für welche Wärmestrahlungen, wie oben gezeigt, die Atmosphäre mehr oder weniger durchlässig ist. Wärme entweicht folglich in einem gewissen geringen Grade, selbst von der Oberfläche der arktischen Zonen, nicht bloss durch Konvektion, sondern vermöge direkter Strahlung durch die Atmosphäre in den Weltenraum hinaus.«

Dieser Ausspruch selbst hat nun ein Decennium später seine volle Bestätigung erfahren durch die klassische Arbeit Frank Verys: »Über die wahrscheinliche Temperatur der Mondoberfläche«.[1]) Es zeigt sich, dass unsere Atmosphäre wenigstens die Hälfte der Strahlung im extremen Infrarot durchlässt, die von einem niedrig temperierten Körper ausgeht, und die jüngst von Fr. Very publizierte Energiekurve über die atmosphärische Strahlung steht diesem Resultate nur bestätigend gegenüber; sie enthält breite Banden, z. B. zwischen 2 und 4, 8 und 11 μ im extremen Infrarot, wo eine Emission kaum mehr nachweisbar ist, daher auch die atmosphärische Absorption für die entsprechende Wellenlänge dunkler Erdstrahlung dort nahe verschwindet. Aus diesen Ergebnissen folgt aber unzweideutig, dass die Atmosphäre als Ganzes sich nicht wohl wie ein berusster Körper verhalten kann, und demzufolge auch deren Absorption, beziehungsweise Strahlungsvermögen noch ziemlich erheblich von der Einheit entfernt sein wird, wonach auch alle bis jetzt über den Strahlungskoeffizienten der gesamten atmosphärischen Masse geführten Spekulationen und Rechnungen entsprechend zu modifizieren sind.

Pouillets Messungen führten ihn, wie schon erwähnt, zu dem Resultate, dass sehr nahe $^1/_{10}$ der ausgestrahlten Erdwärme die reine Atmosphäre passieren kann. Maurer hält dafür, dass dieser Wert des atmosphärischen Transmissionskoeffizienten für die dunkle Erdstrahlung noch zu klein ist, dass er — für die Gesamtstrahlung niedrig temperierter Körperoberflächen — mehr als $^1/_5$, wahrscheinlich mindestens $^1/_4$, auf Grundlage der Veryschen Arbeiten beträgt.

14. Temperatur.

Die Temperaturextreme zu Hamburg 1876—1900 sind von Dr. Grossmann untersucht worden auf Grund der dort seitens der deutschen Seewarte gemachten Ablesungen.[2]) Als höchste Temperaturen wurden 32,0° C. am 4. Juli 1883 und 31,7° am 27. Mai 1892, als niedrigste — 19,8° am 25. und 26. Dezember 1876 und — 18,4° am 18. Januar 1893 beobachtet. Temperaturen von 30° und darüber traten als höchste Tagestemperaturen im ganzen 17 mal in den Monaten Mai bis August, darunter 9 mal im Juli, auf; ebenfalls 17 mal wurden niedrigste Temperaturen von — 16,1° und darunter vom Dezember bis Februar, davon 9 mal im Januar, beobachtet. Hier sehen wir Juli und Januar durch die Häufigkeit besonders hoher Wärme- und Kältegrade ausgezeichnet, und, wie zu erwarten

[1]) Amer. Journal 1898. 8.
[2]) Annalen d. Hydographie 1901. p. 463.

sind dieses auch die Monate, die durch die höchste und niedrigste Monatsmitteltemperaturen gekennzeichnet sind. Während ebenso die absolut höchste Temperatur nach Obigem im Juli des Zeitraumes eintrat, wurde die grösste Kälte im Dezember beobachtet. Dieser Umstand wie noch weitere Erwägungen gestatten die Schlussfolgerung, dass die für Hamburg als äusserste Kälte anzunehmende Temperatur weiter von — 19,8° abstehen müsse, als die höchste Wärme 32° übertreffen werde.

»Die Untersuchung, der Wetterlagen zur Zeit der höchsten und der niedrigsten Temperaturen in Hamburg lehrt«, so fährt Verfasser fort, »dass die höchste Sommerwärme und ebenso die grösste Winterkälte während je fünf Monaten, mit Mai, bezw. November beginnend, bei östlichen Winden, meist aus SO bis Ost, einzutreten pflegen, und dass nach einem Monate verschiedenartigen Verhaltens während der folgenden vier Monate, also wieder mit November, bezw. Mai beginnend, die höchsten Temperaturen bei Winden aus SW und entsprechend die niedrigsten bei Winden aus NW zu erwarten sind, worauf wiederum März—April für die höchsten und September—Oktober für die niedrigsten Temperaturen wechselnde Verhältnisse bei den Wetterlagen aufweisen. Als frühester Termin des sommerlichen Wettertypus hoher Wärme fand sich der 25. März, als spätester der 16. Oktober und als spätester Termin besonderer Kälte bei Nordwestwinden der 24. Sept.

Den genannten thermisch charakteristischen Tagen kommt in hohem Grade die Neigung zu, in Perioden aufzutreten; ihr Vorkommen ist ein ganz anderes, als es die rein zufällige Verteilung auf den Zeitraum mit sich bringen würde. Berechnen wir unter Zugrundelegung der beobachteten Zahl dieser Tage, wie viele bei rein zufälliger Verteilung einzeln auftreten mussten, so ergiebt sich, dass auf 100 solcher vom Zufalle geforderter Fälle in Wirklichkeit nur 18 Eistage, 19 Frosttage, 33 Sommertage und 40 warme Nächte kommen. Hiernach ist die Neigung zum Auftreten in Perioden am grössten und nahezu gleich stark ausgesprochen für die Eis- und Frosttage und etwa halb so gross für die Sommertage und die warmen Nächte, für diese am schwächsten ausgeprägt. Es spricht sich in diesem Verhalten der vier Arten von Tagen in erster Linie die sogenannte Erhaltungstendenz der Witterung aus; hat sich eine bestimmte Wetterlage herausgebildet, so pflegt sie längere Zeit zu bestehen. Diese Fortdauer zeigt sich, wie eingehende Untersuchungen gelehrt haben, verschieden gross für die verschiedenen Wetterlagen oder Wettertypen und weiter in hohem Grade von der Jahreszeit abhängig. Die höchsten wie die niedrigsten Temperaturen treten nicht unvermittelt mit einem Male auf, sondern bereiten sich durch stetige gleichartige Änderungen von Tag zu Tag tagelang vor. Als ein wichtiges unterscheidendes Moment für die Entwickelung der höchsten und der niedrigsten Temperaturen ist hervorzuheben, dass die untersten Luftschichten durch Erwärmung leichter werden und somit eine Vergrösserung ihrer Neigung zum Aufstiege erfahren, während eine Erkaltung der untern Luftschichten diese schwerer werden lässt und das Aufsteigevermögen verringert. Temperaturabnahme fördert also die Fortdauer kalter Witterung, während Temperaturzunahme der Fortdauer warmer Witterung entgegenwirkt. Wie die Temperatur mit dem Fortbestehen warmer oder kalter Witterung immer extremer wird, möge folgende Zusammenstellung der mittlern Minimum- und Maximumtemperaturen des Zeitraumes lehren, die den Perioden der Frosttage und der warmen Tage von verschiedener Länge zukamen, wobei als warme Tage solche gezählt wurden, an denen die höchste Temperatur wenigstens 20° betrug.

	Dauer der Perioden in Tage			
	1—2	3—5	6—10	> 10
Mittlere Minimumtemperatur	— 1,2	— 2,2	— 3,4	— 5,3
„ Maximumtemperatur	21,5	22,7	23,3	24,2
Unterschied	22,7	24,9	26,7	29,5

Man sieht, dass mit der Länge der Perioden die mittlern Minimum- wie Maximumtemperaturen erheblich zugenommen haben, erstere aber in weit höherem Grade; der thermische Unterschied der mittlern Extremtemperaturen dieser Kälte- und Wärmeperioden wuchs mit Zunahme ihrer Dauer um fast 7° an.

Wie wesentlich verschieden die thermisch charakteristischen Tage auf Perioden verteilt auftraten, lehrt folgende Zusammenstellung der prozentischen Verteilung.

Dauer in Tagen	Frosttage	Warme Tage	Eistage	Warme Nächte	Sommertage
1 — 2	15	21	25	45	53
3 — 5	19	27	27	37	42
6 — 10	18	29	30	18	5
> 10	48	24	18	0	0
Maximum	49	27	20	10	7
Mittl. Dauer in Tagen	4,8	3,5	3,2	2,1	1,9

Hiernach traten fast die Hälfte aller Frosttage in Perioden von mehr als 10 Tagen Länge auf, und die längste Periode umfasste 49 Tage, während von den Sommertagen mehr als die Hälfte einzeln oder zu zweien aufeinander folgend vorkamen, und die längste Periode nur 7 Tage umfasste.

Die Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe gemäss den Drachenbeobachtungen des Wetterbureaus der Vereinigten Staaten. Die von letzterem seit 1898 ausgeführten Versuche[1]) an 17 Stationen umfassten 1217 Aszensionen und 3825 Registrierungen. Als Ergebnis fand sich folgendes:

Die mittlere Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe ergab sich zu 5° F. für je 1000 Fuss oder nur 0,4° weniger als die wahre adiabatische Abnahme. Der Gradient war am grössten bis zu 1000 Fuss, wo er 7,4° F. betrug; von da bis zur Höhe von 5000 Fuss nahm er stetig ab bis zu 3,8° für 1000 Fuss; die

[1]) Nature 1900. 63. p. 109. Naturw. Rundschau 1900. No. 3.

Geschwindigkeit der Abnahme änderte sich umgekehrt wie die Höhe. Über 5000 Fuss zeigte sich eine Neigung zu einer leichten Zunahme. Die mittlern Gradienten an der atlantischen Küste waren viel kleiner, als die im Innern des Landes; der Unterschied rührte grösstenteils von den tiefern Morgenwerten der erstern her, während die Nachmittagswerte wenig differierten. Temperaturumkehrungen waren sehr häufig und am ausgesprochensten, wenn die obern Luftströmungen aus Südosten bis Südwesten kamen. Wolken veranlassten in der Regel eine Verringerung in der Schnelligkeit der Temperaturabnahme, zuweilen so stark, dass eine wirkliche Temperaturumkehr sich ergab. Eine Beobachtungsreihe wurde in Pierre, Süddakota, während des Winters 1898—1899 angestellt, und eine vorläufige Prüfung der dort erhaltenen Aufzeichnungen zeigte anhaltende Temperaturumkehrungen während der Perioden kalten Wetters, so dass zu schliessen ist, dass während einer kalten Welle die Schicht kalter Luft nicht viel über eine englische Meile hoch sei und oft nur wenig über eine halbe Meile.

Die Temperaturbeobachtungen auf dem Strassburger Münsterturme 1892—1896 sind von Prof. Hann diskutiert worden.[1]) Sie nahmen neben den epochemachenden Temperaturregistrierungen auf dem Eiffelturme die nächste Stelle ein in Bezug auf Wichtigkeit für die Erforschung der Temperaturvariationen in den untern Schichten der Atmosphäre. »Namentlich wichtig,« sagt Prof. Hann, »sind diese Temperaturaufzeichnungen geworden für die Kenntnis der nächtlichen Temperaturschichtung. Während die Änderungen der Wärmeabnahme mit der Höhe bei Tag schon seit längerer Zeit bekannt sind und die ihnen gebührende Stelle in der Theorie der Erwärmungsvorgänge der Atmosphäre eingenommen haben, waren noch lange Zeit hindurch die Verhältnisse der nächtlichen Abkühlung der Atmosphäre ganz ungenügend bekannt. Die Temperaturzunahme mit der Höhe während der Nachtstunden wurde immer noch mehr als eine anomale Erscheinung, die nur bei heiterem Himmel unter besondern begünstigenden Umständen eintritt, angesehen. Die nächtlichen Ballonfahrten von München und Strassburg (Fesselballon) aus haben Aufsehen erregt durch die Konstatierung der Thatsache, dass in heitern Nächten die Abkühlung durch Strahlung vom Erdboden her bis gegen 300 m hinaufreichen kann. Über die mittlern, durchschnittlichen Verhältnisse der nächtlichen vertikalen Temperaturschichtung haben aber erst die Registrierungen auf dem Eiffelturme und auf dem Turme des Strassburger Münsters vollkommene Aufschlüsse gegeben.« Die erstern hat Hr. A. Angot bearbeitet, von den letztern handelt Prof. Hann.

Die folgende Tabelle giebt die von Prof. Hann abgeleiteten Mittelwerte der Temperatur.

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 211.

Mittlere Temperatur. 5 Jahre 1892—1896 zu Strassburg-Universität und auf dem Münsterturme.

	Dez. u. Januar			April u. Sept.			Juni u. Juli		
	Universität 6 m	Münsterturm 136 m	Diff. 130 m	Universität 6 m	Münsterturm 136 m	Diff. 130 m	Universität 6 m	Münsterturm 136 m	Diff. 130 m
Mittn.	—1.6*	—0.9	0.7	10.8	12.4	2.1	15.2	16.7	1.5
2a	—1.8	—1.1	0.7	9.4	11.3	1.9	14.2	15.5	1.3
4	—2.1	—1.5	0.6	8.7	10.3	1.6	13.4*	14.5	1.1
6	—2.2*	—1.7	0.5	8.5*	9.6	1.1	14.5	14.1*	—0.4
8	—2.1	—1.9*	0.2	10.9	9.8*	—1.1	17.2	15.3	—1.9
10	—1.2	—1.6	—0.4	13.4	11.9	—1.5	19.7	17.5	—2.2
Mittg.	0.0	—0.9	—0.9	15.9	14.0	—1.9	21.4	19.0	—2.4
2p	0.8	—0.2	—1.0	17.1	15.4	—1.7	22.1	20.0	—2.1
4	—0.4	0.1	—0.3	17.0	15.9	—1.1	21.9	20.2	—1.7
6	—0.4	—0.1	0.3	15.5	15.4	—0.1	20.8	19.8	—1.0
8	—0.8	—0.4	0.4	13.2	14.6	1.4	18.5	18.9	0.4
10	—1.3	—0.7	0.6	11.6	13.5	1.9	16.5	17.9	1.4
Mittel	—1.0	—0.9	0.1	12.6	12.8	0.2	17.95	17.5	—0.5

»Man sieht, dass selbst im Tagesmittel in der Höhe von 136 *m* über dem Boden die mittlere Temperatur wenigstens das ganze Winterhalbjahr hindurch höher ist als unten, in der Nacht aber ist das ganze Jahr hindurch selbst in den heissesten Sommermonaten die Temperatur am Erdboden um 1—2° niedriger als in der Höhe von 136 *m*.

Bei Tag ist im Sommerhalbjahre um und nach Mittag die Wärmeabnahme nach oben sehr rasch und beträgt dann einige Zeit hindurch mehr als 1° pro 100 *m*.

An der obern Station, 130 *m* über dem Boden, verspätet sich der Eintritt der täglichen Temperaturextreme um zwei Stunden, Sommer wie Winter. Die Tagesschwankung ist oben natürlich erheblich kleiner als unten.

Die Ergebnisse der Temperaturregistrierungen auf dem Münsterturme sind demnach in mehrfacher Richtung sehr interessant und von theoretischer Bedeutung.

Der erste wichtige Satz für die Theorie des täglichen Erwärmungsvorganges der Atmosphäre ist, dass selbst im Mittel aller Witterungszustände das ganze Jahr hindurch die Lufttemperatur in einer Höhe von 136 *m* (130 *m* relativ) über dem Boden bei Nacht höher ist als unten. Der Erdboden wirkt bis zu dieser Höhe bei Nacht erkaltend auf eine über 130 *m* mächtige Luftschicht (und noch darüber hinaus).«

Die Beobachtungen auf dem Eiffelturme haben dasselbe ergeben:

Im Jahresmittel ist dort die Temperatur in der Höhe von 160 *m* über dem Boden von 7p bis 7a höher als unten (im Maximum um 1,1°), dagegen bei Tag niedriger (von Mittag bis 2p um 2.0°). — In 300 *m* ist die Temperatur von 9p bis 7a höher als unten (Maximum + 1°) bei Tag niedriger, von 11a bis 2p beträgt die Wärmeabnahme dann 3°, also 1° pro 100 *m*.

Die Jahresmittel sind: Parc S. Maur 10.8°, 160 *m* 10.6°, 300 *m* 9.9° C.

Zur Zeit der Nachtgleichen (April und September), wo die nächtlichen Temperaturumkehrungen am stärksten auftreten, ist zu Paris auf der ersten Plattform des Eiffelturmes (123 *m*) die Temperatur durch 14 Stunden oben höher als unten. Auf der zweiten Plattform (197 *m* über dem Boden) durch 13 Stunden. Auf dem Gipfel des Turmes (302 *m*) durch 12 Stunden.

»Der zweite wichtige Satz, den die Temperaturregistrierungen auf dem Münsterturme und auf dem Eiffelturme festgestellt haben, betrifft die Verspätung im Eintritte der täglichen Wärmeextreme mit zunehmenden Abständen vom Erdboden und die rasche Verringerung der Grösse der täglichen Temperaturschwankungen mit der Erhebung in der freien Atmosphäre.«

Der Unterschied zwischen der Strassburger Universitätsstation und der Münsterturmspitze beträgt 1.8^h, um welche sich der Eintritt der Extreme oben verspätet. Der tägliche Wärmegang auf der Münsterturmspitze stimmt sehr schön überein mit dem von Hann aus dem täglichen Barometergange berechneten täglichen Temperaturgange in der freien Atmosphäre. Die Verspätung wird mit zunehmender Höhe noch etwas grösser.

Der jährliche Gang der Temperatur in grossen Höhen der freien Atmosphäre ist von Teisserenc de Bort seit mehreren Jahren durch Sondierballons untersucht worden. Er hat jetzt der Pariser Akademie eine grosse und wichtige Abhandlung vorgelegt, von welcher Prof. Hann eine lichtvolle Analyse giebt,[1]) der das folgende entnommen ist.

»Schon im August 1899 hat Teisserenc de Bort der Pariser Akademie einige Resultate der mittels seiner Ballons sondes erhaltenen Temperaturaufzeichnungen in grosser Höhe der Atmosphäre vorgelegt. Er hat seitdem auf seinem Observatorium zu Trappes die systematische Erforschung der Temperatur der hohen Schichten der Atmosphäre kontinuierlich fortgesetzt, so dass er im November 1900 der Akademie einige vorläufige Resultate der Aufzeichnungen bei mehr als 240 Ballonaufstiegen vorlegen konnte. Diese Aufstiege erstrecken sich zumeist bis zu Höhen von ca. 10 *km*, so dass nun Mitteltemperaturen von grossen Seehöhen vorliegen, welche auch den jährlichen Gang der Temperatur schon ziemlich verlässlich zu beurteilen gestatten, was bisher nicht möglich war.

Teisserenc de Bort teilt zunächst die Mitteltemperaturen mit, die er aus den 240 Ballonaufstiegen in den Jahren 1898, 1899 und 1900 hat ableiten können. Die Mittel sind:

Mittlere Temperaturen für die Monate und das Jahr.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
am Boden .	5.4	1.0	0.9	5.3	7.0	14.2
in 5 *km* . .	—15.3	—21.8	—20.9	—18.4	—16.8	— 8.8
» 10 » . .	—47.6	—53.4	—53.7	—49.3	—51.3	—45.3
	Juli	**Aug.**	**Sept.**	**Okt.**	**Nov.**	**Dez.**
am Boden .	15.7	17.8	13.4	10.2	3.8	0.9
in 5 *km* . .	— 8.7	— 7.2	— 9.7	—11.0	—12.8	—18.9
» 10 » . .	—44.5	—41.8	—47.9	—45.1	—45.2	—52.4

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 28.

Ausserdem enthält ferner die letzte Mitteilung an die Pariser Akademie auch ein Diagramm, welches die Höhenänderungen der Isothermen von 0, —20, —40 und —50° im Laufe des Jahres zur Darstellung bringt, und welches Prof. Hann in Zahlenwerte umsetzt.

Die Sätze, welche Léon Teisserenc de Bort schon in der Note von August 1899 ausgesprochen, erhalten durch die Erfahrungen der letzten Reihen von Ballonaufstiegen eine vollständige Bestätigung. Diese Sätze sind:

1. Die Temperatur der freien Atmosphäre unterliegt selbst noch in Höhen bis zu 10 *km* einer sehr ausgeprägten jährlichen Periode.

2. Die Amplitude dieser jährlichen Temperaturschwankung nimmt mit der Höhe ab. Nach den Monatsmitteln beträgt sie am Erdboden 17, in 5 *km* 14.6 und in 10 *km* noch 12°.

3. Der Eintritt der höchsten und tiefsten Temperatur verspätet sich mit zunehmender Höhe, besonders macht sich diese Verspätung beim Eintritte des Minimums der Temperatur bemerkbar, welches auf das Ende des Winters fällt.

Der Verfasser lenkt schliesslich die Aufmerksamkeit auf die niedrige Temperatur des Maimonates in grossen Höhen der Atmosphäre und meint, dass dieselbe mit dem Eintritte der Kälteperiode, die unter dem Namen der »Eisheiligen« bekannt ist, in Zusammenhang stehen mag. Die Thatsache, dass sich diese Temperaturdepression im Mai noch im Verlaufe der Isothermen von —50° bemerklich zu machen scheint, spreche für die Ansicht von Ch. Sainte-Claire Deville, welcher die Ursache der Abkühlung der Luft im Mai auf eine allgemeine Ursache zurückzuführen gesucht hat. —

Geht man von den mitgeteilten Temperaturen an der Erdoberfläche aus (dieselben entsprechen wohl den Zeiten der Ballonaufstiege, welche zumeist zu sehr früher Morgenstunde erfolgen, um den Effekt der Sonnenstrahlung auf die Registrierthermometer auszuschliessen), so erhält man folgende Werte für die Wärmeabnahme mit der Höhe.

Temperaturabnahme mit der Höhe pro 100 *m*.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	
Vom Boden bis 5 *km*	0.41	0.46	0.44	0.47	0.48	0.46	
Von 5—10 *km* . . .	0.65	0.63	0.66	0.62	0.69	0.75	
	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Vom Boden bis 5 *km*	0.49	0.50	0.46	0.42	0.38	0.40	0.44
Von 5—10 *km* . . .	0.72	0.69	0.76	0.68	0.65	0.67	0.68

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Vom Boden bis 5000 *m* .	0.42	0.46	0.48	0.40	0.44
Von 5000—10000 *m* . .	0.65	0.66	0.72	0.70	0.68

Die Wärmeabnahme bis zu 5 *km* ergiebt sich aus diesen Zahlen erheblich geringer, als man sie sonst gefunden hat. Die Ursache davon liegt jedenfalls darin, dass die zu Grunde gelegten Temperaturen an der Erdoberfläche der frühen Morgenstunden, also der Zeit der kleinsten Wärmeabnahme nach oben entsprechen. Die obigen Zahlen für das untere Niveau sind also Minimumwerte. Die Wärmeabnahme in dem Niveau von 5—10 *km* ist auch etwas kleiner, als man sie aus den allerdings wenig zahlreichen Aufstiegen bemannter Ballons für diese Höhenschichten abgeleitet hat; sie stimmt aber recht nahe überein mit der im Gebirge beobachteten Wärmeabnahme, welche, wenn man bloss die auf Berggipfeln beobachteten Temperaturen denselben zu Grunde legt, 0.65—0.67° im Jahresmittel liefern (bis 3 *km* Höhe); die Jahresamplitude ist aber kleiner in der freien Atmosphäre.

Es liegt nahe, ja scheint geboten, so fährt Prof. Hann fort, den Versuch zu machen, die beobachteten Temperaturdifferenzen zwischen dem Erdboden und 5 *km* Höhe an die Normalmittel der Temperatur von Paris anzubringen, um auf diese Weise richtigere Mittelwerte der Temperatur in 5 *km* zu erhalten. Die Mitteltemperaturen am Erdboden sind ja, wie man

sogleich sieht, noch weit entfernt, mittlere Temperaturzustände zu repräsentieren, während die Differenzen zwischen Boden und 5 *km* vielmehr Anspruch haben, als genäherte mittlere Werte hingestellt zu werden. Bringt man dann an diese für 5 *km* berechneten genäherten wahren Temperaturmittel die beobachteten Differenzen zwischen 5 und 10 *km* an, so könnte man erwarten, auch für 10 *km* richtigere Mittelwerte zu erhalten. Eine Ausführung dieser Rechnungen liefert folgende Temperaturen:

Mittlere normale Temperaturen.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Parc Saint Maur 1841—1890, red. auf das Meeresniveau.	2.4	3.8	6.0	10.0	13.4	16.8
Temperatur in 5 *km*	—18.3	—19.0	—15.8	—13.7	—10.4	— 6.2
Temperatur in 10 *km*	—50.6	—50.6	—48.6	—44.6	—44.9	—42.7

	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Parc Saint Maur	18.4	17.8	14.9	10.2	5.9	2.8	10.2
Temperatur in 5 *km*	— 6.0	— 7.2	— 8.2	—11.2	(- 14.6)	—17.0	—12.3
Temperatur in 10 *km*	—41.8	—41.8	—46.4	—45.8	(—47.0)	—50.5	—46.2

Während die auf diese Weise erhaltenen Temperaturmittel für 5 *km* Höhe einen recht befriedigenden jährlichen Gang zeigen (November ausgenommen, wo die Wärmeabnahme abnorm klein war [0.33], Hann hat dieselbe zu 0.41 angenommen) und die Erwartung zu rechtfertigen scheinen, dass dieselben richtigere Mittelwerte repräsentieren, lassen die derart erhaltenen Temperaturmittel für 10 *km* Höhe vieles zu wünschen übrig. Es scheint ja auch nicht mehr gerechtfertigt, die in 10 *km* Höhe beobachteten Temperaturen mit jenen, die nahe gleichzeitig an der Erdoberfläche gefunden worden sind, in eine direkte Beziehung zu setzen. Man wird daher für diese grosse Höhe lieber die unmittelbar beobachteten Temperaturen weitern Schlüssen und Rechnungen zu Grunde legen.

Die von Prof. Hann für 3, 5 und 10 *km* Meereshöhe über Paris berechneten Temperaturen sind:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Temperatur in 3 *km*	—10.3	—11.2*	—10.3	— 7.9	— 4.5	1.1
» » 5 »	—18.8	—20.8	—20.8*	—19.0	—15.0	—10.6
» » 10 »	—50.5	—52.2	—52.9*	—51.7	—49.0	—46.0

	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Temperatur in 3 *km*	1.8	2.2	1.3	— 1.2	— 4.5	— 7.9	— 4.5
» » 5 »	— 7.7	— 7.6	— 9.3	—11.8	—14.0	—15.9	—14.2
» » 10 »	—44.1	—43.9	—44.9	—46.2	—47.4	—48.7	—48.1

Die Temperatur für 3 *km* Höhe, welche in der neuern Mitteilung von Teisserenc de Bort fehlt, wurde in erster Annäherung zu ermitteln gesucht aus den Beobachtungsergebnissen der Aufstiege der Ballons sondes 1898 und 1899, die in Form von Diagrammen mitgeteilt, von Prof. Cleveland Abbe auf Zahlenwerte reduziert worden sind,[1] und den Beobachtungsergebnissen der Berliner Aufstiege mit bemannten Ballons. Die Übereinstimmung dieser auf relativ wenigen Beobachtungen beruhenden Ergebnisse ist erstaunlich.«

Prof. Hann erhält aus den von ihm berechneten Werten folgende Zahlen für die Abnahme der Jahresschwankung der Temperatur mit der Höhe.

Parc S. Maur	in 3 *km*	in 5 *km*	in 10 *km*
16.0	13.4	13.2	9.0

[1]) Monthly Weather Review Sept. 1899. p. 415.

»Die Jahresschwankung der Temperatur auf dem Sonnblickgipfel 3100 *m* ist 14.4°, was besser in diese Reihe hineinpassen würde. Die auf dem Sonnblickgipfel beobachteten Temperaturen weichen nur wenig ab von den für 3 *km* Seehöhe in der freien Atmosphäre berechneten Temperaturen.

Der Hauptunterschied zwischen der Temperatur der freien Atmosphäre über Norddeutschland und jener auf einem Tauerngipfel (47° N) in gleicher Seehöhe besteht in dem kältern Frühjahre und dem wärmern Herbste. Die auf Berggipfeln beobachteten Temperaturen unterscheiden sich sonst wenig von der Temperatur der freien Atmosphäre, der Berggipfel ist im Winter kälter, im Sommer wärmer, wie zu erwarten. Doch ist bei diesem Vergleiche auch im Auge zu behalten, dass sich die Temperaturen in der freien Atmosphäre auf eine 4—5° nördlichere Breite und ein mehr ozeanisches Klima beziehen, während das Klima der Tauern mehr kontinental ist.

Die Verspätung des Eintrittes der Extreme (nur nach dem ersten Gliede der Jahresgleichung der Temperatur beurteilt), ergiebt sich für das Intervall: Boden bis 3 *km* ca. 28 Tage, bis 5 *km* 33 Tage und bis 10 *km* 40 Tage. Das sind natürlich mehr Schätzungen, als streng vergleichbare Werte.«

In einem Diagramme (Altitudes moyennes des diverses isothermes dans le cours de l'année) veranschaulicht Teisserenc de Bort die Höhenänderungen der Isotherme von 0, —20, —40 und —50° im Laufe des Jahres. Prof. Hann hat diesem Diagramme die folgenden genäherten Zahlenwerte für die Seehöhen der Isothermen entnommen:

Beiläufige Seehöhe der Isothermen in Hektometern.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
0° . .	18	14	15	23	21	32
—20 . .	51	48	47	55	55	66
—40 . .	83	76	77	83	88	93
—50 . .	95	88	88	96	94	104
	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
0° . .	36	35	34	27	20	15
—20 . .	68	69	67	64	55	58
—40 . .	94	95	93	88	85	78
—50 . .	107	110	110	106	102	97

Die Seehöhe der Isotherme von 0° ist im Winter so auffallend hoch, dass Hann begründete Zweifel über die Richtigkeit des Diagrammes in diesem Punkte erheben möchte. Die Höhe der Isotherme von 0° im Sommer entspricht dagegen völlig jenen in den Alpen, sie scheint auch etwas zu hoch zu sein.

»Berson hat in dem grossen Werke über die wissenschaftlichen Ergebnisse der Berliner Ballonfahrten als die wahrscheinlichsten Werte der Seehöhe der Isotherme von 0° über Norddeutschland angegeben:[1])

Winter 330, Frühling 1540, Sommer 3150, Herbst 2380, Jahr 2090.

Diese Zahlen gestatten Prof. Hann, die Höhenlage der Isothermen von 0° in den einzelnen Monaten über der norddeutschen Niederung zu berechnen. Zum Vergleiche führt er auch noch die aus den Beobachtungen der meteorologischen Stationen in den Alpen abgeleiteten Seehöhen dieser Isotherme an.

Die berechneten Seehöhen sind:

Seehöhen der Isotherme von 0° (*m*).

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Frankreich:	1310*	1390	1630	1990	2480	3040
Norddeutschland:	320	300*	699	1330	2220	2950
Östliche Südalpen:	550*	930	1330	2070	2600	3180
Östliche Nordalpen:	80*	540	1040	1900	2500	3030

[1]) Band 3. p. 102.

	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Frankreich:	3510	3650	3350	2710	2000	1500
Norddeutschland:	3380	3400	3010	2300	1480	760
Östliche Südalpen:	3590	3550	3170	2470	1460	770
Östliche Nordalpen:	3500	3520	3170	2400	1080	110

»Die Höhen für Norddeutschland konnten nur mit dem ersten Gliede der periodischen Reihe berechnet werden, deshalb fällt das Minimum erst auf den Februar. Für Nordfrankreich giebt das erste Glied allein dasselbe: Dez. 1900, Jan. 1280, Febr. 1250.

Aus diesen Vergleichen geht jedenfalls auch das hervor, dass die Temperaturbeobachtungen auf Bergen keine erheblich verschiedenen Resultate von den Temperaturbeobachtungen in der freien Atmosphäre ergeben, und dass man daher in vielen Fällen dieselben auch zu weitern Schlüssen für die Temperatur der Atmosphäre selbst verwenden kann. In grössern Höhen über 4 *km* würde die Übereinstimmung wohl eine noch grössere sein.«

Prof. Hann hat auch die Seehöhen der Isothermen von —20, —40 und —50° mittels periodischer Formeln berechnet und wie folgt zusammengestellt:

Berechnete Seehöhen der Isothermen —20, —40 und —50° in Kilometern.

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
					Isotherme —50°.						
9.3	9.0	9.0*	9.2	9.7	10.3	10.7	11.0	11.0	10.7	10.2	9.7
					Isotherme —40°.						
7.9	7.8*	7.8	8.1	8.6	9.1	9.5	9.5	9.2	8.8	8.4	8.1
					Isotherme —20°.						
5.0	4.8*	4.9	5.2	5.8	6.4	6.9	7.0	6.7	6.2	5.7	5.3

Die Amplituden sollten wohl mit der Höhe abnehmen; dass dies nicht der Fall, liegt jedenfalls in der noch bestehenden Unsicherheit der jetzt ermittelten Höhenlagen.

Die obige Tabelle gestattet auch ein rasches Urteil über die Temperaturen, die in verschieden grossen Seehöhen zu verschiedenen Jahreszeiten zu erwarten sind. In 10 *km* ist im Mittel die Temperatur —50, in $8^1/_2$ *km* —40, in 5.8 *km* —20° anzutreffen.«

Die vertikale Temperaturverteilung in der freien Atmosphäre ist von Dr. Berson im 3. Bande des grossen Werkes: Wissenschaftliche Luftfahrten, ausgeführt vom Deutschen Vereine zur Förderung der Luftschiffahrt in Berlin, auf Grund der Beobachtungsergebnisse bei 75 Fahrten dargestellt worden. Dieselbe Materie bildet in dem nämlichen Bande den Hauptgegenstand der theoretischen Schlussbetrachtungen W. v. Bezolds. Eine gedrängte, aber lichtvolle Analyse dieser Arbeit giebt H. Hergesell,[1]) der folgendes entnommen ist:

»Berson stellt und löst in seiner Bearbeitung folgende Aufgaben:

1. Eigentliche Aufstellung einer Tabelle, enthaltend die mittlern Temperaturen und vertikalen Temperaturgradienten für sämtliche Einzelfahrten, geordnet nach bestimmten Höhenschichten.

2. Berechnung und Erörterung des Ganges der vertikalen Temperaturverteilung, wie er sich aus sämtlichen Fahrten zunächst im Gesamtmittel ergiebt.

3. Versuch einer Unterscheidung für die beiden Hauptwetterlagen: Cyklonisches und anticyklonisches Regime, Ableitung von

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. Heft 10. p. 447. ff.

Einzelwerten der Temperaturmittel, Extreme und Schwankungsgrössen für die verschiedenen Jahreszeiten. — Eines der wichtigsten Ergebnisse, das sich aus der Betrachtung des mittlern Verlaufes der Temperaturkurve ergiebt, ist das Auftreten von bestimmten, fast stets wiederkehrenden Zonen in der vertikalen Schichtung der Atmosphäre.

Man findet bei fast allen Aufstiegen:

1. Eine untere Schicht in der Nähe der Erdoberfläche, in welcher vielfache »gestörte Verhältnisse« auftreten, und die als untere Störungsschicht zu bezeichnen ist. Der störende Faktor ist hier die Erdoberfläche, die periodisch im Laufe eines Tages eintretende Veränderungen verursacht. Der Übergang von adiabatischen zu sehr stabilen Zuständen (Temperaturumkehr) ist hier sehr häufig.

2. Eine untere Zone vorherrschender vertikaler Luftbewegungen mit Wolkenbildung (in Maximalgebieten Cumuli, sonst Kondensationsprodukte jeglicher Art). Diese Hauptzone der Kondensation beginnt etwa bei 1200—1500 *m* und findet ihre obere Begrenzung bei sehr wechselnder Höhe etwa in 4000 *m*.

3. Die eigentliche sogenannte (obere) »Störungsschicht«; es ist dies eine Grenz- und Mischzone, welche durch Übereinanderschichtung und Vermischung eines obern verhältnismässig trockenen Luftstromes mit den Luftmassen der darunter liegenden Zone entsteht. Diese Störungsschicht ist häufig isotherm, aber ebenso oft (durch Strahlung der Wolkenoberfläche) von Temperaturinversionen begleitet. Die Höhe dieser Störungsschicht wechselt sehr. Ihre Lage hängt von der Höhe der Zone 2 ab.

4. Die obere Zone vertikaler Luftbewegung, die vor allem durch einen starken Temperaturgradienten charakterisiert ist. Die Kondensation des Wasserdampfes spielt in dieser Zone wegen ihrer grossen Höhe nur noch eine geringe Rolle.

Alle diese Zonen sind durch bestimmte mittlere vertikale Temperaturgefälle charakterisiert. Wir beginnen zunächst mit der obersten Zone Nr. 4.

Ihr Temperaturgradient ist der grösste und nähert sich um so mehr dem adiabatischen für trockene Luft, je höhere Schichten wir ins Auge fassen. Die hohe Zahl für die Temperaturabnahme (0.7—0.8° für 100 *m*) erklärt sich aus dem Umstande, dass die Kondensation des Wasserdampfes in grosser Höhe sehr wenig in Erscheinung tritt, und dass, wo dieselbe vorhanden ist, das adiabatische Temperaturgefälle trotzdem sehr hoch ist (0.75—0.8° in 5000—7000 *m* Höhe).

Prof. Hergesell erwähnt, dass nach den neuesten Erfahrungen, die bei Abfassung des Berliner Werkes noch nicht vorlagen, diese obere Schicht mit dem hohen Temperaturgradienten eine bedeutende vertikale Mächtigkeit haben muss. Je höher die Schichten liegen, die wir erforschen, um so mehr nähert sich ihr Gradient dem adia-

batischen. Aber auch diese obere Schicht scheint keine einheitliche zu sein, da auch sie mehrfach durch Schichten mit gleicher Temperierung oder Temperaturumkehrung (vielfach ohne jegliche Kondensationsprodukte) unterbrochen wird.

Für das sonstige Verhalten der mittlern vertikalen Temperaturverteilung giebt Hergesell folgende kleine Tabelle wieder, die sämtliche beobachteten Temperaturabnahmen berücksichigt:

Mittlere vertikale Temperaturabnahme.

Schicht . . . . km	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9
Beobachtungen	58	58	41	34	20	11	5	4	1—3
Mittlere Temperaturabnahme per 100 m	0.50	0.50	0.54	0.53	0.64	0.69	0.66	0.72	0.90

Die vertikale Temperaturabnahme findet demnach, entsprechend den oben geschilderten Zonen, in folgender Weise statt.

1. Sie ist verhältnismässig schwach in den erdnächsten Schichten. Der Grund hierfür ist der häufig wechselnde Einfluss des Erdbodens auf die Temperierung der untersten Schichten, der sehr oft Temperaturinversion hervorbringt. Dieselben haben den Effekt, den Wert des mittlern Gradienten herabzudrücken.

2. Zwischen 1000 und 4000 m bleibt das mittlere Temperaturgefälle schwach; doch weist es im Vergleiche zu den untern Schichten eine mässige Zunahme auf. Die Erklärung liegt in den häufigen Kondensationsprozessen dieser Schichten. Der Temperaturgradient entspricht hier dem adiabatischen Gange feuchter Luft.

3. Von 4000 m ab nimmt das Gefälle rasch zu und nähert sich mehr und mehr dem adiabatischen Gradienten für trockene Luft.

Das Gesamtergebnis ist also das, dass, abgesehen von den untersten Schichten, überall ein relativ starkes Gefälle vorhanden ist, welches sich dem adiabatischen Gange von feuchter und trockener Luft möglichst anpasst.

Die Temperaturbeobachtungen der Berliner Auffahrten werden von Berson des weitern benutzt, um die für die verschiedenen Höhenstufen geltenden mittlern Temperaturen zu bestimmen. Mit Recht verzichtet der Bearbeiter auf die Ableitung einer sogenannten Temperaturformel.

Die folgende kleine Tabelle enthält diese Bestimmungen; derselben sind noch zwei Reihen hinzugefügt, von welchen die erste die ebenfalls von Berson benutzten Temperaturmittel Teisserenc de Borts, die zweite die Mittelzahlen einer Zusammenstellung, die von Prof. Hergesell herrührt, wiedergiebt.

Dieser hat diese dritte Reihe hinzugefügt, weil dieselbe die Ergebnisse von 30 Ballonfahrten wiedergiebt, deren geographische Verteilung eine ausgedehntere ist, da sie verschiedene internationale Fahrten berücksichtigt.[1])

[1]) Petermanns Mitteil. 1900. Heft 5. p. 9 und 100.

Mitteltemperaturen in verschiedenen Höhen nach

	Erde	*km* 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I. Berson	10.4	5.4	0.5	—5.0	—10.3	—16.6	—24.2	—29.4	—36.3	—46.4	—
II. Teisserenc de Bort	9	5	0	—4	— 9	—16	—21	—29	—36	—42	—51
III. Hergesell	8	4	—0	—7	—13	—18	—26	—33	—40	—48	—54

Diese drei Reihen spiegeln alle dieselbe Gesetzmässigkeit wieder, insbesondere was das Verhalten des vertikalen Gradienten angeht, auch die Mittelzahlen stimmen verhältnismässig überein.

Einen wichtigen Untersuchungsgegenstand bilden die Beziehungen zwischen vertikaler Temperaturverteilung und Witterungslage. Berson teilt die Auffahrten in zwei Teile, je nachdem dieselben in einem Hochdruckgebiete oder in einer cyklonalen Druckverteilung stattgefunden haben.

Naturgemäss bilden die Hochdruckfahrten die grössere Anzahl, während die Anzahl der Fahrten, die einer eigentlichen Cyklone entsprechen, verhältnismässig gering ist.

Folgende beiden Reihen mögen den charakteristischen Unterschied des vertikalen Gradienten in beiden Druckgebieten wiedergeben:

Höhe in *km*	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8
Anticyklonales Reg.	0.38	0.40	0.53	0.54	0.64	0.72	0.71	0.77°
Cyklonales Regime	0.61	0.55	0.57	0.53	0.65	0.67	0.64	0.62
Differenz	—0.23	—0.15	—0.04	+0.01	—0.01	+0.05	+0.07	+0.15

Teilt man die gesamte Höhe in zwei Stufen, so erhält man folgendes Bild für den vertikalen Gradienten:

	0—4000 *m*	4000—8000 *m*
Anticyklone	0.46	0.71°
Cyklone	57	64

In der Anticyklone herrscht demgemäss in den untern 4000 *m* schwache, in den obern sehr rasche Temperaturabnahme, während in der Depression in der untern Hälfte schon mässig starkes, in der obern noch ein wenig stärkeres Gefälle vorhanden ist.

Die grössere Wärme der Anticyklonen, welche zuerst von Hann für die untern Schichten nachgewiesen wurde, scheint sich nach dieser Diskussion also nicht in die grossen Höhen fortzusetzen.

Es ist dieses ein Resultat, welches durch die spätern internationalen Fahrten durchaus bestätigt ist.

Der Verf. untersucht in einer weitern Diskussion die Frage des Zusammenhanges zwischen Cyklonen und Anticyklonen. Das Endresultat lautet:

Für die vertikale Temperaturverteilung sind in erster Linie die dynamischen Vorgänge der Kompression und Expansion im Zusammenhange mit der Luftdruckverteilung, in zweiter durchaus nicht zu vernachlässigender Weise die Advektionsvorgänge massgebend.

Gerade die hier angeschnittenen Fragen konnten, wie Hergesell bemerkt, naturgemäss, dem Beobachtungsmaterial entsprechend,

nicht erschöpfend behandelt werden, das reiche Material, das die monatlichen internationalen Fahrten schon gebracht haben, wird auch bei Diskussion dieser Verhältnisse klärend und fördernd wirken.

Eine theoretische Darstellung der bei der vertikalen Temperaturverteilung obwaltenden Verhältnisse gab W. v. Bezold.[1]) Dieselbe führt zu folgendem Ergebnisse:

»Die Erwärmung und Abkühlung der Atmosphäre wird in erster Linie durch die Strahlungsvorgänge am Erdboden bedingt, in untergeordneter Weise durch ähnliche Vorgänge in den obern Begrenzungsflächen der Wolken.

Die letztern werden sich jedoch wegen der starken Verdunstung wahrscheinlich mehr jenen nähern, die über ausgedehnten Wasserflächen, also insbesondere über den Meeren, zu erwarten sind, für die noch keine Beobachtungen vorliegen.

Von diesen beiden Vorgängen kann sich die Erwärmung in den untersten Schichten nicht so stark geltend machen, als die Abkühlung, da die erwärmte Luft aufsteigt, und zwar um so rascher, je mehr sich die Temperaturabnahme mit der Höhe dem für das labile Gleichgewicht gültigen Grenzwerte nähert. Dieser Grenzwert ist nach Eintritt der Kondensation kleiner als im Trockenstadium.

Für die Abkühlung giebt es keine derartige Grenze, dem entsprechend kann die Temperaturzunahme mit der Höhe in den untersten Schichten zu Zeiten der sogenannten Temperaturumkehr Werte annehmen, die für gleiche Höhenstufen ein Vielfaches der grösstmöglichen Temperaturabnahme betragen. Am 24. Februar 1891 wurde ein positiver Temperaturgradient von 10° beobachtet, während für die negativen — 1.0° den kaum überschrittenen Grenzwert bildet.

Diese Ungleichartigkeit in den Vorgängen der Erwärmung und Abkühlung bedingt eine Erniedrigung der Mitteltemperatur der untern Schichten, d. h. ein steileres Ansteigen der Zustandskurven der Temperatur in ihrem untersten Stücke.

Die von dem Boden aufsteigenden Luftmassen tragen die unten aufgenommene Wärmemenge, nach Abzug der für die Expansion verbrauchten, nach oben, und zwar nicht nur die beim Verlassen des Bodens thermometrisch nachweisbaren, sondern auch jene Wärmemengen, welche zur Verdunstung des mitgeführten Wassers verbraucht wurden. Die dafür verbrauchte Wärme kommt jenen Schichten zu gute, in denen die Kondensation erfolgt, sie vermindert dort die Temperaturabnahme, und zwar um so mehr, je grösser die Ausscheidung von Niederschlag ist. Als fühlbare Wärme aber tritt sie erst im absteigenden Strome wieder auf und vermittelt dadurch jene Art der Wärmeübertragung, der ich den Namen der »zusammengesetzten Konvektion« gegeben habe.

---

[1]) Wissenschaftl. Zeitschrift f. Luftfahrten etc.

In den grössten Höhen endlich, wo Absorption und Emission verschwinden, und beinahe kein Wasserdampf mehr vorhanden ist, bildet adiabatisches Aufsteigen und Niedersinken trockener Luft die einzige Ursache der Temperaturänderung mit der Höhe. Die Zustandskurve für Temperatur muss sich dem entsprechend in den höchsten Schichten asymptotisch einer Geraden nähern.«

Bezüglich der beobachteten mittlern Verteilung der Temperatur in der Vertikalen während der Jahreszeiten, ergiebt sich, dass die Sommerkurve ausgesprochen den Charakter der Zeiten überwiegender Einstrahlung zeigt, während in der Winterkurve die Abkühlung des Erdbodens deutlich hervortritt, auch in den Übergängen vom Winter zum Frühlinge und vom Sommer zum Herbste kommt die Rolle, die der Erdboden spielt, sehr zum Ausdrucke. Wird unter »Wärmegehalt« die Wärmemenge verstanden, welche einer gegebenen Luftmenge zugeführt ist, um sie unter konstantem Drucke von einer willkürlich festzusetzenden Anfangstemperatur auf eine gegebene Erdtemperatur zu bringen, so erhält v. Bezold folgende

Jahreszeitliche Unterschiede im Wärmegehalte der Atmosphäre (Kalorien über 1 *qm*).

mk	Fr.-Winter.	S.-Frühling.	S.-Herbst.	H.-Winter.
0—1	2010	2360	2110	2260
1—2	960	1710	1400	1270
2—3	580	1610	1040	1050
3—4	440	1330	810	960
0—4	3990	6910	5360	5540

Die Tabelle zeigt, wie rasch die in bestimmten Schichten ausgetauschten Wärmemengen mit der Höhe abnehmen. Der Einfluss der höchsten Schichten ist deshalb auf den Wärmehaushalt der Atmosphäre nur von geringem Einflusse, wenn auch die Jahresschwankungen der Temperatur in den höchsten Niveaus, die wir durch Beobachtungen erreicht haben, von ebenso grossem Ausmasse sind, wie in den untern Schichten.

Zu diesem wichtigen Resultate macht v. Bezold noch die Bemerkung, dass der Einfluss der obern Schichten auf die Bewegungsverhältnisse der untern Schichten, besonders was Vertikalströmungen und Mischungen der obern und untern Zonen betrifft, durch diese Thatsachen in keiner Weise bestimmt ist.

15. Luftdruck.

Über den Arbeitswert einer Luftdruckverteilung und über die Erhaltung der Druckunterschiede. Max Margules berechnet[1]) die Arbeit, welche aufgewendet werden muss, um Luft

[1]) Sitzungsber. d. meteorol.-naturw. Kl. d. Kais. Akad. zu Wien 1901. No. XVIII.

aus dem Zustande des Gleichgewichtes in eine vorgeschriebene andere Massenverteilung zu bringen, welche Arbeit in einem geschlossenen atmosphärischen Systeme als potentielle Energie anzusehen ist. Der Vergleich derselben mit der kinetischen Energie einfacher Wirbel zeigt, dass letztere weitaus grösser ist. Er berechnet dann für das bekannte Zirkulationsschema für Luftsäulen ungleicher Temperatur die zur Erhaltung der horizontalen Druckunterschiede nötige Wärmezufuhr und den Nutzeffekt. Endlich zeigt er durch eine Überschlagsrechnung, dass von den drei Reibungsursachen bei Luftbewegungen: innere Reibung, Auftreten und Verschwinden von kleinen Bewegungen im Luftstrome, »Reibung an der Erdoberfläche«, die erste ohne Belang ist, die letzte aber weitaus die übrigen übertrifft.

Der Luftdruck in den Höhen der Atmosphäre während der kalten Tage des Mai 1900. Nach dem Vorgange von H. Hergesell hat J. Vallentin die Ergebnisse der Beobachtungen in zwei österreichischen Luftballons bei der internationalen Fahrt am 12. Mai 1900 beobachtet.[1]) An diesem Tage traten in Österreich-Ungarn die Maifröste mit ungewöhnlicher Strenge auf, und morgens herrschte nahezu Windstille bei fast heiterem Wetter. Die Wetterkarte von 7^h früh zeigte im Meeresniveau eine ziemlich gleichförmige Luftdruckverteilung, je eine Depression im NO und SW, ein Maximum im NNW und ein kleineres Maximum über Südungarn. Es sind aber keine grossen Luftdruckunterschiede vorhanden. Im Maximum über 765 *mm*, im Minimum unter 755 *mm* Luftdruck. Schon die Fahrtrichtung des Ballons »Wien« zeigte, dass diese Luftdruckverteilung nicht in grosse Höhen hinaufreichen konnten, deshalb zeichnete Vallentin nach Köppens Anleitung[2]) mit Berücksichtigung des Temperaturgradienten, welcher durch die internationalen Fahrten an diesem Tage für verschiedene Orte ermittelt worden war, die Isobaren für 5000 *m* Höhe. »In der That zeigen dieselben eine bedeutend andere Form als im Meeresniveau: Das Maximum über Südungarn ist ganz verschwunden, dafür zeigt sich ein solches über Süditalien und Griechenland; das Minimum im NO hat sich sehr stark vertieft, das Maximum im NNW hat sich gegen den Atlantischen Ozean hin verschoben. Die Luftdruckgradienten sind bedeutender geworden, im Maximum sind 412 *mm*, in der Depression nur 383 *mm* Luftdruck. Ein weiteres Forschen über das Verschwinden des Maximums über Südungarn ergab, dass dasselbe schon in 2500 *m* verschwindet, die Isobaren zeigen schon in dieser Höhe ganz dieselbe Luftdruckverteilung wie in 5000 *m*, nur sind die Gradienten noch nicht so gross: Im Maximum über Griechenland sind 565 *mm* im Minimum im NE 544 *mm* Luftdruck. Vom Maximum

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 60.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1888. p. 470.

über Südungarn ist auch hier nichts mehr zu bemerken, es bestand offenbar nur in den untersten Schichten und dürfte wahrscheinlich durch die auffallend tiefen Temperaturen über Ungarn hervorgebracht sein. Das Maximum, welches sich in 2500 *m* und 5000 *m* über Griechenland und Süditalien zeigt, hat offenbar mit jenem über Südungarn im Meeresniveau nichts gemeinsam, denn ersteres hat in 5000 *m* genau dieselbe Lage wie 2500 *m*, ist also nicht durch schiefe Axenstellung des südungarischen Maximums zu erklären. Entsprechend der geringen Höhe dieser Anticyklone herrschte auch über Ungarn durchaus nicht anticyklonales, sondern fast ganz trübes und am folgenden Tage regnerisches Wetter. In diesem Falle verschwindet also schon unterhalb 2500 *m* eine kleine Anticyklone über Südungarn, während bei der Fahrt vom 24. März 1899 eine kleine Cyklone, welche ebenfalls über Ungarn lagerte, in ca. 3000 *m* Höhe verschwand;[1]) es scheint also, dass die rings von Gebirgen abgeschlossene ungarische Tiefebene überhaupt leicht Veranlassung giebt zu lokalen Störungen der Luftdruckverteilung bis in geringe Höhen hinauf.

Aus den dargestellten Luftdruckverhältnissen in 2500 *m* und 5000 *m* ergiebt sich auch ungezwungen die Erklärung für die Fahrtrichtung der beiden Ballons, welche nach der Luftdrucksverteilung im Meeresniveau besonders beim Ballon »Wien« unerklärlich wäre, indem derselbe mit ganz bedeutender Geschwindigkeit gegen das Zentrum der südungarischen Anticyklone hin getragen wurde.«

Über die Temperaturabnahme mit der Höhe giebt der Verfasser nach den Beobachtungen im Ballon »Wien« folgende Tabelle:

Temperaturabnahme pro 100 *m*

Aufstieg		Abstieg	
200—1000	0.26 / 0.91	4500—4000	0.34
		4000—3500	0.62
1000—1500	0.38	3500—3000	0.01
1500—2000	0.76	3000—2500	0.44
2000—2500	0.60		
2500—3000	0.10	2500— 200	0.85
3000—3500	0.50		
3500—4000	0.60		
4000—4500	0.40		

Auffallend sind die grossen Werte, welche sowohl beim Aufstiege wie beim Abstiege unmittelbar über dem Boden sich ergeben.

»Diese Ergebnisse der beiden österreichischen Ballons geben ein angenähertes Bild der damaligen atmosphärischen Situation, bei welcher die Maifröste in Österreich-Ungarn so streng zur Geltung kamen. Allerdings lässt sich aus diesem einen Falle nicht mit Sicherheit schliessen, welche Situation diese Kälterückfälle gewöhnlich mit sich bringt.

[1]) Meteorol. Zeitschr. 34. p. 354.

Jedenfalls zeigt sich auch in diesem Falle, wie Prof. Dr. H. Hergesell[1]) bei Bearbeitung der internationalen Ballonfahrt vom 13. Mai 1897 gezeigt hat, dass die Maifröste »keine lokale, an die Erdoberfläche gebundene Erscheinung sind, sondern ein meteorologisches Phänomen von weitgehender Mächtigkeit und Bedeutung, das sich auf die ganze, an den in Betracht kommenden Tagen über Europa lagernde Luftsäule bis zu den höchsten Höhen erstreckt.«

Bildung barometrischer Teilminima durch Föhne. R. Billwiller hat schon früher[2]) die Behauptung aufgestellt, dass infolge der beim Auftreten einer grossen primären, barometrischen Depression entstehenden Druckunterschiede zu beiden Seiten der Alpen die Veranlassung zur Entstehung des Föhns bereits gegeben sei, und dass die öfters bemerkte Bildung von Teildepressionen am Nordfusse der Alpen durch den Föhn selbst verursacht werde und nicht umgekehrt. Er führt nun[3]) ein Beispiel an, wo das Auftreten des Föhns auf der Nordseite der Zentralalpen offenbar dem Prozesse der Bildung eines Teilminimums vorangegangen ist. Dies war der Fall bei dem Föhn vom 19.—22. März 1900. »Wie die synoptischen Karten zeigen, lag am 18. März und den folgenden Tagen eine ziemlich tiefe Depression über Westeuropa. Gegen O hin nimmt der Luftdruck zu. Ein erheblicher Gradient über die Alpen stellte sich jedoch erst am Abende des 19. ein.

Mit dem Gradienten, d. h. dem Druckgefälle von der Südseite der Alpen gegen die Nordseite, trat am 19. eine südliche Luftströmung ein, zunächst allerdings nur in der Höhe, wie die Beobachtungen der Bergstationen Rochers de Naye, Säntis und Rigi zeigen. Aber schon am Abende (8^h) desselben Tages notierte die Thalstation Altdorf Föhn. Die Temperatur stieg hier von 1^p bis 9^p von 5.1 bis 8.5°, während die relative Feuchtigkeit von 61 auf 28% sank. Gleichzeitig machte sich eine Föhnströmung im obern Wallis (hier als O—NO auftretend) geltend. In der darauf folgenden Nacht trat der Föhn auch im Aarethal in Meyringen auf, nachdem er sich weiter oben im Thale in Guttannen schon bereits abends sehr bemerkbar gemacht hatte. Die Erscheinung, dass der Föhn zunächst in den obern Schichten auftritt und nur allmählich sich nach unten senkt, bildet namentlich in der kältern Jahreszeit die Regel. Es erfolgt diese Senkung immer zuerst in den tief eingeschnittenen Alpenthälern, offenbar weil hier, in den am weitsten in das Gebirgsmassiv sich erstreckenden Furchen des Terrains der Gradient am

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1900. p. 16.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1895. p. 207. 1899. p. 206.
[3]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 1.



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

Ed. Hch. Mayer, Verlag.

Leipzig.

Mikropho

beträchtlichsten ist. Die Verdrängung der über den Niederungen des Alpenvorlandes stagnierenden kalten Luft durch die warme Föhnluft, resp. die Vermischung mit dieser vollzieht sich nur langsam. So kommt es, dass der Föhn in den Alpenthälern oft 2—3 Tage heftig weht und erst später in einiger Entfernung von den Alpen sich bemerkbar macht. In einzelnen Fällen bleibt indessen sein Auftreten auf die Alpenthäler beschränkt, und es ist über dem Flachlande nur in den obern Schichten eine Luftbewegung bemerkbar. Im vorliegenden Falle ist es von Bedeutung, zu konstatieren, dass der Eintritt des Föhns im Reussthale bereits am 19. abends, im Aarethale in der darauf folgenden Nacht erfolgte, dass er am 20. dort intermittierend und mit wechselnder Stärke wehte, am 21. früh mit verstärkter Gewalt einsetzte, dann auch im Linththale (Glarus) auftrat und sich bis ins Alpenvorland erstreckte. In Zürich machte er sich nach 11ª bemerkbar. Am Mittage dieses Tages war jedoch wie die auf das Niveau von 500 *m* reduzierten Isobaren zeigen, von einem Teilminimum über dem Alpengebiete noch nichts zu bemerken. Der Luftdruck nahm vom O des Landes gegen W ab, was, da das Depressionszentrum über Südwesteuropa lag, ganz normal ist. Erst am Abende des 21., nachdem also während des ganzen Tages der Föhn auf der Nordseite der Alpen geweht hatte, zeigte sich über dem Genfersee ein barometrisches Teilminimum, das dann der Alpenkette entlang nordostwärts zog, am Morgen über der innern Schweiz lag und mittags noch in der Gegend von Chur sich bemerkbar machte. Dass dabei beim Vorübergange des Teilminimums auf der Südseite desselben der Föhn mit verstärkter Gewalt auftrat, ist selbstverständlich, da ja hierbei der Gradient verstärkt wird. So wurde z. B. aus dem Val d'Illiez, einem linksseitigen Nebenthale des untern Wallis, wo der Föhn sonst nicht häufig auftritt, in der Nacht vom 21.—22. ein äusserst heftiger Föhnsturm gemeldet, der grossen Schaden in den Waldungen anrichtete. Aber die Ursache der Bildung des Teilminimums ist offenbar in dem seit dem 19. erfolgten Auftreten der Föhnströmung zu suchen, nämlich in dem durch dieselbe entstandenen thermischen Gradienten. Am Nordfusse der Alpen erfährt bei Föhnwirkung die Luft eine rasche Temperaturzunahme, während die Erwärmung der weiter vom Gebirge entfernten Luftmassen eine viel allmählichere und geringere ist. Dadurch wird das Gleichgewicht gestört und eine cyklonische Bewegung eingeleitet. Es erscheint mir viel natürlicher, in diesem Umstande die Ursache der so häufig, aber nicht immer auftretenden, am Nordfusse des Alpenkammes sich ostwärts hinziehenden Teilminima zu suchen, wie den Föhn, der dem Auftreten solcher Gebilde stets voraus geht, als eine durch diese bewirkte und an sie gebundene Begleiterscheinung zu betrachten, die Teilminima selbst aber als durch unbekannte Zufälle entstanden zu erklären.«

16. Wolken.

Die internationalen Wolkenbeobachtungen vom 1. Mai 1896 bis 1. Juli 1897 in Nordamerika sind in einem grossen, von Bigelow herausgegebenen Werke bearbeitet,[1]) von dem R. Süring eine kritische Würdigung giebt.[2]) Hier sollen zunächst aus letzterer nur die Höhen- und Geschwindigkeitsmessungen in Washington 1896—1897 mitgeteilt werden. Süring giebt darüber folgende Tabelle:

Wolkenmessungen in Washington 1896—1897.

	Höhen in *km*				Geschwindigkeiten in *m* p. s.			
	Mittel				Mittel			
	Sommer	Winter	Maximum	Minimum	Sommer	Winter	Max.	Min.
Ci	10.36	9.51	16.46[3])	4.98	30.8	34.9	33.7	1.0
Ci-S.	10.62	9.53	16.16	5.14	26.9	30.4	31.9	1.5
Ci-Cu	8.83	7.41	15.60	2.98	23.4	33.4	30.0	2.1
A-S	5.77	4.80	15.55	1.40	17.6	21.3	47.5	2.7
A-Cu	5.08	3.82	10.90	1.37	16.5	21.1	58.9	1.2
S-Cu	2.37	2.40	7.28	0.80	10.5	15.1	32.8	1.3
N	1.93	1.80	4.24	0.63	8.5	11.9	14.0	4.5
Cu (Kuppel) .	3.07	2.36	—	—	—	—	—	—
Cu (Gipfel) . .	1.82	1.69	6.76	0.91	7.0	10.9	40.3	0.4
Cu (Basis) . .	1.18	1.20	2.89	0.41	—	—	—	—
Cu-N (Gipfel)	4.96	3.78	16.09	1.39	15.3	21.1	47.4	1.3
Cu-N (Basis).	1.00[4])	—	1.63	0.70	—	—	—	—
S	0.84	1.13	2.43	0.21	6.0	10.5	18.9	0.3

Es ist, sagt Süring, auffallend, dass die mittlern und obern Wolken fast durchweg bedeutend höher sind als über dem Blue Hill, im Mittel fast 800 *m*; die Geschwindigkeiten stimmen besser überein. Die Abhängigkeit der Wolkenhöhe von Temperatur, Druck, Gradient und Zugrichtung ist eine wenig ausgeprägte. Dagegen zeigt die Häufigkeits- und Geschwindigkeitsverteilung in der Vertikalen einen charakteristischen Gang und gute Übereinstimmung; im allgemeinen fallen Zonen maximaler Häufigkeit und maximaler Geschwindigkeit nahezu zusammen. Hiernach ist die Atmosphäre in Ströme von ca. 2000 *m* Dicke zerlegt. Minima der Geschwindigkeit treten ein bei 2600, 4800, 6800, 8200 und 12400 *m*. Das Abflauen des Windes über 12000 *m* ist sehr ausgeprägt. Die mittlere Zugrichtung der obern Wolken ergab sich nach den nephoskopischen Stationen zu NW bis W, im Sommer überwiegt Ci aus SW. Nur die Station

[1]) Report of the Chief of Weather Bureau 1898—1899 Washington 1900. 2: Bigelow, Report on the international cloud observation.

[2]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 142.

[3]) Die Tabelle für Maxima ist neu aufgestellt, da Bigelow nur die mittlere Höhe der höchsten 1000 *m* Schichten angiebt. Die dort aufgeführte Maximalhöhe von 17182 *m* ist ein Druckfehler; es muss heissen 15182.

[4]) Dieser Wert für Cu-N ist nach den Einzelmessungen neu berechnet, da die veröffentlichte Zahl (1.75 *km*) offenbar falsch ist.

Key West (Florida) zeigt grössere Störungen. Die meisten Wolken zeigten ein Hauptmaximum der Höhe im Hochsommer und zwei sekundäre Maxima im Februar und November. Richtung und Geschwindigkeit der einzelnen Wolkenformen wurden getrennt für Luftdruckmaxima und -minima untersucht. Ferner sind die nephoskopischen Messungen ihrer Richtung und Geschwindigkeit nach zerlegt in vier Jahreszeiten und in zwanzig verschiedene Zonen maximaler und minimaler Druckverteilung. Diese Tabellen sind auch graphisch dargestellt, und man erkennt recht deutlich, wie bei Ci, Ci-S und Ci-Cu die Abweichungen von der westlichen Strömung sehr gering sind, wie bei A-S und A-Cu die Tendenz zu einer Drehung schnell anwächst, und wie bei S-Cu, Cu und S die anticyklonale und cyklonale Zirkulation die allgemeine Weströmung überwiegt. Im Winter erstreckt sich die Tendenz zu Zirkulationen höher hinauf als im Sommer. Die relativen Geschwindigkeiten sind dann unter Zugrundelegung der mittlern in Washington gefundenen Höhen in wahre Geschwindigkeiten umgerechnet, und es entstehen so neue Karten, auf welchen die jährlichen Vektoren, d. h. die Stärke und Richtung der Luftströmungen in Hoch- und Tiefdruckgebieten, dargestellt werden. Diese Karten führen zu dem Schlusse, dass die Hochdruckgebiete stärker sind als die Depressionen. Die Regel, dass der Wind mit der Höhe immer mehr nach rechts dreht, stimmt nur im SO-Quadranten der Cyklone; die Regel lautet besser: Jede Richtung wird mit zunehmender Höhe westlicher. Es bestätigt sich also das schon von Clayton gefundene Resultat, dass das Hildebrandsson-Leysche Schema der Zirkulation von obern Wolken nicht allgemein gültig ist.

Von grosser Bedeutung, wenn auch ohne direkte Beziehung zu den internationalen Wolkenmessungen ist Kapitel 8, welches die typischen lokalen Zirkulationen über den Vereinigten Staaten darstellt. Es sind zwölf charakteristische Druckverteilungen ausgesucht und für jede aus möglichst vielen Wetter- und Wolkenkarten des Weather Bureau mittlere Richtungen für Wind, untere und obere Wolken graphisch ermittelt. Die interessanteste dieser Karten ist wohl die, wo im Sommer oder Herbst ein Minimum über den südatlantischen Staaten liegt. Diese Wetterlage ist zur Entwickelung der tropischen Wirbelstürme besonders günstig, und abweichend von allen andern Karten haben wir hier in der obern Wolkenregion nicht mehr eine ungestörte Weströmung, sondern eine cyklonale Drehung bis hinauf zu den Ci.

Wolkenbeobachtungen in den Nordwestprovinzen Indiens vom Dezember 1898 bis März 1900.[1]) Die Messungen

[1]) Indian Meteor. Memoirs 9. III. p. 258. Calcutta 1901. Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 480.

sind in Allahabad ausgeführt worden. Die nachfolgende von R. Süring zusammengestellte Tabelle giebt für die beiden Jahreszeiten (die Monsunzeit von Juni—Oktober und die trockenen Monate November bis Mai) die mittlern Höhen und Geschwindigkeiten der Wolken.

Wolkenform	Höhe in *m*		Geschwindigkeit (*m* p. s.)		Zahl der Höhenmessungen	
	Juni—Okt.	Nov.—Mai	Juni—Okt.	Nov.—Mai	Juni—Okt.	Nov.—Mai
Ci	10695	12780	7.8	37.7	42	177
Ci-S. . . .	—	13248	—	17.0	—	8
Ci-Cu . . .	11184	11459	—	14.9	5	15
A-Cu . . .	4408	6162	6.6	24.4	64	228
S-Cu . . .	—	8456	—	15.9	—	1
N	742	4908(?)	1.5	—	4	1
Cu	1663	1250	6.1	4.6	20	30
Fr-Cu . . .	—	2525	—	—	—	3
Cu-N . . .	1620	2427	—	13.3	8	14

Wolkenform	Zahl der nephosk. Messungen	
	Juni—Okt.	Nov.—Mai
Ci	10	85
Ci-S. . . .	—	2
Ci-Cu . . .	—	4
A-Cu . . .	10	97
S-Cu . . .	—	1
N	1	—
Cu	4	28
Fr-Cu . . .	—	—
Cu-N . . .	—	14

Ein Minimum der Häufigkeit (also grosse Wolkenarmut) tritt deutlich in 2500 *m* Höhe, Maxima dagegen treten in 1000 *m* und zwischen 6000 und 10000 *m* Höhe hervor.

Cirrusstudien. Über die Ergebnisse seiner vieljährigen Beobachtungen der Cirruswolken berichtet Dr. Klein.[1]) Schon vor 29 Jahren hat er als Ergebnis seiner Untersuchungen der in Köln 1850 bis 1871 dreimal täglich angestellten Wolkenbeobachtungen mitgeteilt, dass die Cirruswolken in den Jahren der Sonnenfleckmaxima zahlreicher, um die Zeiten der Sonnenfleckminima seltener auftreten. Dieser parallele Gang mit der Sonnenfleckhäufigkeit zeigte sich auch wenn man die Morgen-, Mittag- und Abendbeobachtungen gesondert darstellte oder jede der beiden Jahreshälften getrennt gruppierte. Der damaligen Reihe kann er jetzt die Beobachtungen von weitern 28 Jahren beifügen, so dass im ganzen die Sonnenfleckperioden vom Maximum 1848 bis zum Minimum 1901 von Cirrusbeobachtungen begleitet sind.

Von dieser neuen Reihe gehören die Beobachtungen der Jahre 1872—1881 dem durch seine Sonnenfleck- und Nordlichtbeobachtungen bekannten Lehrer W. Weber in Peckeloh (in Westfalen) an,

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 157.

die übrigen sind von Dr. Klein in Köln angestellt worden. In dieser neuen Reihe werden übrigens nur die Tage, an denen Cirruswolken gesehen wurden, aufgezählt, da nicht nur an drei täglichen Terminstunden, sondern so oft als thunlich nach der Bewölkung gesehen wurde.

Die berechneten Häufigkeitszahlen finden sich in der folgenden Tabelle.

Jahr	A	B	Jahr	A	B
1882	128	228	1892	89	125
1883	113	192	1893	71	101
1884	87	145	1894	70	111
1885	97	149	1895	75	115
1886	75	121	1896	62	119
1887	82	130	1897	73	120
1888	69	115	1898	66	116
1889	40	70	1899	57	92
1890	51	86	1900	18	40
1891	67	118			

Vergleicht man die Maxima und Minima aller drei Beobachtungsreihen von 1850—1900 mit den Zeiten der Maxima und Minima der Sonnenflecke (nach Wolf und Wolfer), so ergiebt sich folgendes:

Häufigkeit der Cirruswolken		Sonnenfleckenrelativzahlen	
1851 Maximum	1879 Minimum	1849 Maximum	1879 Minimum
1856 Minimum	1882 Maximum	1856 Minimum	1884 Maximum
1862 Maximum	1889 Minimum	1861 Maximum	1890 Minimum
1865 Minimum	1892 Maximum	1868 Minimum	1894 Maximum
1870 Maximum	1900 Minimum	1871 Maximum	1901 Minimum

Die Übereinstimmung ist eine so deutliche, wie man sie nur erwarten kann, und der parallele Gang in der Häufigkeit beider Phänomene nicht zu bezweifeln.

Von einer jährlichen Periode der Cirrushäufigkeit zeigen die Beobachtungen mit Sicherheit nichts, nur ist eine geringe Zunahme im Juli und August angedeutet, während doch auf den Juni das absolute Minimum fällt, und der Januar dem August fast gleich kommt.

Eine tägliche Periode der Cirruswolken ist sehr schwer festzustellen, teils weil es praktisch unthunlich ist, die Momente des ersten Auftretens und die letzten des Verschwindens derselben festzustellen, teils weil auch Schätzungen der Quantität hierbei eine Rolle spielen. Dazu kommt die ungleiche Tagesdauer in den verschiedenen Jahreszeiten, indem die Wahrnehmung von Cirren, ausser bei Mondschein, zur Nachtzeit unmöglich ist. Unter diesen Umständen hat er sich damit begnügen müssen, festzustellen, wie oft Cirrus notiert wurde während dreier gleich langen Abschnitte des Tages, nämlich von 8—11 Uhr vormittags, von 11 Uhr vormittags bis 2 Uhr nachmittags und von 2—5 Uhr nachmittags. Hiernach nehmen die Cirren vom Morgen bis zum Mittage an Häufigkeit zu und gegen Abend stark ab.

Bei der Bestimmung des Zuges der Cirren hat Verfasser acht Richtungen unterschieden, aus denen der Zug erfolgt. Daneben wurde die Geschwindigkeit der Bewegung berücksichtigt, insofern, als notiert wurde, ob die Bewegung so langsam erfolgte, dass sie nur mit Aufwendung ganz besonderer Aufmerksamkeit festgestellt werden konnte, oder ob sie sogleich auf den ersten Blick erfasst wurde; endlich ob überhaupt keine Bewegung zu erkennen war. Folgende Tabelle giebt die beobachtete Häufigkeit der Cirren unter h mit langsamer, unter h' mit rascher Bewegung während des Zeitraumes 1882 bis 1900 einschliesslich.

Zugrichtung aus	h	h'	Zugrichtung aus	h	h'
SO	27	7	N	103	33
S	102	22	NO . . .	26	6
SW . . .	294	124	O	27	6
W	318	104	Ohne Zug .	240	—
NW . . .	160	78			

Das starke Überwiegen raschen Cirruszuges aus SW—NW über denjenigen aus östlichen bis südlichen Richtungen ist bemerkenswert und dürfte kaum zufällig sein. Besonders häufig tritt rascher Zug der Cirren aus NW auf, gleichsam als wenn die Bewegung durch eine allgemeine Drift der höchsten Luftschichten aus NW unterstützt würde.

Lange, den Himmel überspannende Cirrusstreifen zeigen optische Konvergenz gegen den Horizont hin, in zwei 180° voneinander entfernten Punkten. Am häufigsten sind diese koordinierten Konvergenzpunkte SW und NO, fast ebenso oft NW und SO, seltener W und O, am seltensten S und N. In allen diesen Positionen können Drehungen der Konvergenzpunkte in Bezug auf das Azimut vorkommen, am häufigsten bei der Richtung W—O, weniger häufig bei der SW—NO, am seltensten bei der Richtung NW—SO. Die Drehung der Lage der Konvergenzpunkte kann sowohl gegen N als gegen S hin erfolgen, im ersten Falle geschieht sie erheblich langsamer als im letztern, nämlich gegen links durchschnittlich $1^3/_4{}^h$ pro 45°, gegen rechts $3^1/_4{}^h$ pro 45°. Eine grössere Drehung der Konvergenzpunkte als um 45° im Horizont ist nicht beobachtet worden.

Um die Abweichung der Richtung des Cirruszuges vom untern Winde zu untersuchen, wurden, mit Rücksicht auf die herrschende Theorie, die Beobachtungen bei hohem und niedrigem Luftdrucke unterschieden. Es wurden auch absolute Barometerstände unterschieden, und zwar drei Gruppen: a) solche unter 761 *mm*, b) solche von 761—763 *mm*, c) solche über 763 *mm*. Im allgemeinen kann man die erstern als der Herrschaft eines barometrischen Minimums, die letztern als derjenigen eines Maximums unterstellt betrachten, während b) dem Grenzgebiete beider angehört. Die folgende Tabelle giebt die Ergebnisse dieser Zusammenstellung.

Richtung, aus der die Cirren ziehen, und Abweichung dieser Richtung von der des untern Windes:
+ nach rechts, — nach links.

	O	SO	S	SW	W	NW	N	NO
Luftdruck <—761 *mm* . . .	—45°	—37	0	—18	—51	—37	+30	0°
» 761—763 *mm* . . .	+45	0	—20	—35	—55	—21	+72	0
» 763 *mm* —> . . .	+ 6	—25	—47	—31	—14	—23	+39	+12
Cirruszug 180° von d. Windrichtung abweich.; Anz.:	—	1	1	2	2	38	5	—
Schnell ziehende Cirren:								
Luftdruck <—761 *mm* . . .	—	—	—4°	—10	—47	—42	0	0°
» 761—763 *mm* . . .	+45°	0	+ 9	+ 8	0	—15	—	—
» 763 *mm* —> . . .	+18	0	—15	—17	—43	—22	+28	—45
Cirruszug 180° von d. Windrichtung abweich.; Anz.:	—	—	—	2	—	15	2	—

Im allgemeinen bestätigt diese Tabelle die herrschenden Ansichten über die Richtung der obern und untern Luftströmungen in cyklonalen und anticyklonalen Gebieten, doch kommen im nördlichen und östlichen Quadranten Abweichungen vor, welche bei der relativ nicht geringen Anzahl der Beobachtungen anzudeuten scheinen, dass die Verhältnisse keineswegs so einfach liegen, wie sie in der Theorie angenommen werden.

Die Untersuchung der einzelnen Depressionen (T) und Hochdruckgebiete (H), welche gut begrenzt und in grösserer Nähe bei Köln auftraten, ergab über die Beziehung der Zugrichtung der Cirruswolken zu denselben folgendes:

O. Bei Cirruszug aus dieser Richtung ist H meist besser hervortretend als T. Am häufigsten kommt alsdann H vor auf den britischen Inseln und der Nordsee, weniger oft, aber typisch, über dem südlichen Skandinavien und der Ostsee.

SO. Bedingend für den Cirruszug scheint vorwiegend T über der Nordsee, H über der Ostsee und in der Umgebung des Meerbusens von Riga, dann aber auch T am Kanale und dem St. Georgskanale, H über Finnland bis zum Meerbusen von Riga.

S. Am häufigsten liegt T über England und der südlichen Nordsee, H über Mitteleuropa, bisweilen bedingt auch T in der Nähe des Busens von Riga den Zug der Cirren.

SW. Am häufigsten bestimmend für den Cirruszug ist T über der südlichen oder mittlern Nordsee und England, etwas weniger oft T über der Irischen See, mit H über den östlichen Teilen der Ostsee und den angrenzenden Gebieten Russlands, aber auch mit H über Ungarn, Mähren und Böhmen. Eine zweite Position von T tritt über Südschweden und der Ostsee auf, gleichzeitig mit Cirruszug aus SW. in Köln.

W. Bestimmend für diesen Cirruszug ist T im mittlern Azimut von 140°, am häufigsten liegend über der Nordsee und an der Südspitze Norwegens oder auch selbst über Jütland, ein Drittel weniger häufig über England und der Irischen See. Diese Depressionen

treten zusammen mit H im Azimut von 258°, etwas weniger oft mit H im 35.° auf. Auch bedingt T am Kanale und bei den Scillys oder über Mittel- und Südwestfrankreich in Verbindung mit H über Norddeutschland, der Ostsee und dem westlichen Russland bis nach Petersburg hin oft den Cirruszug aus W für Köln.

NW. Das bestimmende T liegt meist über Dänemark und Schweden bis zum Rigaschen Meerbusen, H gleichzeitig über Frankreich, bis zum Kanale einerseits und bis nach Piemont anderseits schwankend.

N. Meist T über Südschweden bis Finnland, bisweilen auch über Ostpreussen und Polen, während dann H meist über Frankreich liegt, südöstlich bis nach Oberitalien, nordwestlich bis England schwankend.

NO. Für die Richtung des Cirruszuges in Köln zeigte sich massgebend T über dem südlichen Schweden bis Petersburg und Riga, H zwischen Georgskanal und Nordsee, ein zweites in Verbindung mit obigem T etwas weniger oft vorkommendes H liegt stets weit ausserhalb dieser Zone.

Es zeigte sich ferner, dass die Bewegungsrichtung der Cirruswolken in keiner einfachen Beziehung zu der Lage des nächsten Depressionszentrums steht. Bewegung der Cirruswolken aus SO, S, SW und W treten bei gleicher Position der Depressionen auf, und ähnliches gilt für die aus NW, N und NO über Köln hinwegziehenden Cirren. Dagegen scheint es, dass die Positionen der Maximalgebiete auf die Richtung der Cirrusbewegung einen bisweilen bestimmenden Einfluss ausüben. Auch könnte das gleichzeitige Auftreten mehrerer Depressionszentren die Bewegungsrichtung der Cirren gegenseitig beeinflussen.

Leuchtende und selbstleuchtende Nachtwolken. Eine kritische Darstellung des über leuchtende Nachtwolken Bekannten unter Beifügung einiger Belehrungen gab A. Stentzel.[1] Er unterscheidet zwischen »leuchtenden« oder »beleuchteten«, d. h. in reflektiertem Lichte, und »selbstleuchtenden«, d. h. in eigenem Lichte schimmernden Nachtwolken; weiter zwischen den Arten des von diesen Wolken reflektierten oder ausgesandten Lichtes, insbesondere bei den selbstleuchtenden Nachtwolken. Während nämlich das Licht der leuchtenden Wolken stets reflektiertes Sonnenlicht ist, kann das Licht der selbstleuchtenden Wolken je nach der dieses hervorrufenden Ursache verschiedener Natur sein.

Über leuchtende Nachtwolken haben vornehmlich O. Jesse in Steglitz und F. S. Archenhold in Halensee bei Berlin, ferner Eduard Penning, Dr. Fr. Hahn, Dr. Stade u. a. Beobachtungen angestellt, während der Erscheinung selbstleuchtender Wolken von Kapitän Vogelsang, Dr. Gustav Pröll, Freih. Gregor Friesenhof,

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1900. p. 448.

Wallovich, Jul. Blaskovics, Joseph von Kosztolányi, Johannes Zacharias u. a. Erwähnung gethan wird.

»Leuchtende, d. h. in reflektiertem Lichte scheinende Wolken bieten nur dann ein hervorragendes Interesse, wenn sie in Höhen stehen, in denen für gewöhnlich keine Wolken mehr vorkommen. Cirruswolken erreichen bekanntlich selten eine grössere Höhe als 18 *km*, wogegen man in den Jahren nach 1885 vielfach cirröse Wolken beobachtet hat, deren Höhe auf 50—80 *km* berechnet worden ist. Nach Jesse's Beschreibung tritt das Phänomen dieser leuchtenden Nachtwolken immer nur innerhalb desjenigen Teiles des Abend- und Morgenhimmels auf, welcher von dem Dämmerungslichte erhellt, und welcher gegen den Nachthimmel durch einen mehr oder weniger verwachsenen Halbkreis, den Dämmerungsbogen begrenzt ist. Es erscheint, wenn es überhaupt vorhanden ist, am Abende dann, wenn die Sonne etwa 10° unter dem Horizonte sich befindet, oder wenn der Dämmerungsbogen eine Höhe von etwa 20° über dem Horizonte hat, und es bleibt gewöhnlich so lange sichtbar, als die Dämmerung anhält; morgens ist der Verlauf umgekehrt. Die leuchtenden Nachtwolken sind den gewöhnlichen Cirruswolken in Bezug auf Form und Struktur sehr ähnlich; aber sie unterscheiden sich in einigen wesentlichen Punkten von ihnen, wodurch sie im allgemeinen sofort zu erkennen sind. Wenn nämlich gewöhnliche Cirruswolken innerhalb des Dämmerungssegmentes zu jener Zeit, wenn die Sonne 10° und mehr unter dem Horizonte ist, sich befinden, so sind dieselben immer dunkler, als der sie umgebende Dämmerungshimmel; die leuchtenden Nachtwolken sind dagegen immer heller als der letztere. Die leuchtenden Nachtwolken verschwinden aber gänzlich, sobald der Dämmerungsbogen über sie hinweggeht, und nur derjenige Teil bleibt sichtbar, welcher innerhalb des Dämmerungssegmentes liegt. In Bezug auf die Farbe der leuchtenden Nachtwolken ist zu erwähnen, dass dieselben mit einem weissen, silberartigen Glanze leuchten, welcher in der Nähe des Horizontes mehr in Goldgelb übergeht. Berücksichtigt man ferner den tiefen Stand der Sonne von 10—18° unter dem Horizonte, bei welchem das Phänomen nur sichtbar ist, bei welchem aber die sonstigen auffallenden Lichteffekte der Dämmerung meist schon verschwunden sind, so wird man über die leuchtenden Nachtwolken nicht zweifelhaft sein können. Bemerkenswert ist es ferner noch, dass das Phänomen innerhalb der jahreszeitlichen Periode der Sichtbarkeit nicht an jedem sonst wolkenfreien Abende oder Morgen auftritt, sondern dass es meist in Zwischenräumen von 8—14 Tagen erscheint, und dann in der Regel mehrere Nächte hintereinander sichtbar ist. Jesse u. a. führten das Auftreten dieser Wolkengebilde, die in den letzten Jahren etwas seltener sich gezeigt haben, auf die am 26. und 27. August 1883 erfolgten ausserordentlich heftigen und verheerenden Ausbrüche der Vulkane Pik Rakáta (Krakatau),

Perbuwatan und Danan in der Sundastrasse zurück, indem sie annehmen, dass diese Vulkane Staub- und Gasmassen bis zu jener enormen Höhe emporgeschleudert haben, worauf diese Stoffe sich in der Atmosphäre um die ganze Erde verbreiteten. Allerdings hat eine solche Annahme viel Wahrscheinlichkeit, denn die in den Jahren 1885—1886 so glänzende Wolkenerscheinung läuft ziemlich parallel mit den sonstigen unzweifelhaft durch jene Eruption hervorgerufenen atmosphärischen Störungen. Es liegt auch kein Grund vor, weshalb die eruptiven Gasmassen nicht in die durch Messung gefundenen Höhenschichten geschleudert sein sollten.

Selbstverständlich spielt die materielle Beschaffenheit der hochstehenden Nachtwolken für die Beleuchtung nur insofern eine Rolle, als dadurch die Färbung derselben gewisse Verschiedenheiten aufweist; denn das sie treffende Sonnenlicht kann je nach dem gasartigen oder staubartigen Charakter der Hochcirren mancherlei Absorptionen erleiden.

Darf man das Leuchten der hellen Nachtwolken dieser Art im allgemeinen für klargestellt erachten, da die Ursache desselben, Sonnenlichtreflexion, unzweifelhaft feststeht, so vermag man über das Wesen des Lichtes der selbstleuchtenden Nachtwolken noch wenig bestimmtes zu sagen, da trotz ihres gar nicht seltenen Vorkommens doch relativ nur spärliche Beobachtungen vorliegen.

Vor allem haben wir zwischen dem Leuchten beider Arten Wolken einen Hauptunterschied festzuhalten: Die leuchtenden (reflektierenden) Gebilde beginnen stets ganz allmählich an Lichtintensität zuzunehmen, schimmern dann eine längere Zeit, oft (von der Polarsonne beschienen) die ganze Nacht hindurch in ziemlich gleich bleibender Helligkeit und verschwinden oder verblassen ebenso allmählich wieder, wie sie aufleuchteten; die selbstleuchtenden (aktinischen) Gebilde hingegen tauchen unvermutet, mitunter ganz plötzlich auf, schimmern meist nur kürzere Zeit, oft nur Momente, und verschwinden gerade so plötzlich und rätselhaft, wie sie gekommen, oder verlieren doch relativ schnell ihr Licht, um dann als dunkle Wolken auf hellerem Hintergrunde sichtbar zu bleiben, ja, ihr Licht springt vielfach blitzschnell von einer Wolke auf die andere oder huscht am ganzen Himmel umher.

Ein fernerer Unterschied beider besteht darin, dass die reflektierenden Wolken abends um so später und morgens um so eher aufleuchten, je höher sie stehen, und zwar treten abends zunächst die gewöhnlichen Kumuluswolken (in der Abendröte) durch ihre Lichtfülle hervor, ihnen folgen die Cirruswolken und diesen die höchststehenden Wolken; morgens findet dieser Vorgang in umgekehrtem Sinne statt; der Stand der Sonne ist also für diese Wolken der massgebende Faktor. Selbstleuchtende Wolken hingegen können zu jeder beliebigen Nachtzeit auftreten und leuchten auf oder verlöschen ohne Rücksicht auf ihre Höhe oder ihren Standort

zur Sonne. Diese an sich so selbstverständlichen Eigenschaften beider Arten von lichten Wolken bedürfen doch notwendigerweise der Festlegung, um die Trennung der einzelnenen Kategorien zu erleichtern.

Gleichsam einen Übergangstypus von den leuchtenden Hochcirren zu den selbstleuchtenden Wolken bilden die, in noch weit bedeutenderen Höhen, nämlich bis zu 100 geographischen Meilen hoch, vorkommenden scheinbaren Wolken gewisser Nordlichter. Diffuse, begrenzten mattweissen Kumuluswolken äusserlich täuschend ähnlich, tauchen sie einzeln oder zu mehrern in dem bekannten Nordlichtbogen plötzlich auf, leuchten eine kürzere oder längere Zeit (Sekunden, Minuten und mehr) und verschwinden darauf so spurlos, dass man zunächst an eine Täuschung zu glauben geneigt ist, und sich erst durch die Wiederkehr des sonderbaren Schauspiels von der Richtigkeit des Gesehenen überzeugen muss.

Dass das Leuchten dieser Scheinwolken, wie das aller Polarlichter lediglich ein elektrischer Strahlungsvorgang ist, weiss man längst, weniger Klarheit dürfte aber über das Wesen des dunklen Segments herrschen, das zumeist bei Polarlichtern unterhalb des Lichtbogens bemerkt wird.

Ob es auch selbstleuchtende Hochcirren und Cirren giebt, darüber kann zur Zeit noch nichts bestimmtes gesagt werden, obwohl dies sehr wahrscheinlich ist; bei den bisherigen Beobachtungen leuchtender hochstehender Wolken hat man indessen stets reflektiertes Licht angenommen, vielfach sogar unzweifelhaft nachgewiesen.

Perlmutterwolken hat die letzte dänische Expedition, die zur Untersuchung der Nordlichter in das Polargebiet entsandt worden war, beobachtet und in den Berichten der dänischen Akademie der Wissenschaften beschrieben. Diese Wolken haben eine gewisse Ähnlichkeit mit den leuchtenden Wolken, die jahrelang in unsern Breiten zur Nachtzeit Aufsehen erregt haben. Sie erhielten ihren eigentümlichen Namen Perlmutterwolken von Prof. Mohn. Die Expedition hatte zweimal Gelegenheit, sie zu sehen. Das erste Mal gelang es auch, die Höhe der Wolken zu etwa 40 *km* über der Erdoberfläche zu messen. Bei der zweiten Gelegenheit war dies nicht möglich, da alle Mitglieder der Expedition an demselben Orte vereinigt waren, aber sie konnten einige sehr merkwürdige Beobachtungen über die Bewegung der Wolke anstellen. Zunächst erschien sie als ein horizontales Band über dem südwestlichen Horizonte in einer Höhe von 30—35°, zog ziemlich langsam gegen Ost, blieb dann stehen und kehrte wieder zu ihrer frühern Stellung zurück. Während der Rückwärtsbewegung löste sich ein Teil der Wolke von kreisförmigem Umrisse ab und zog mit einer Geschwindigkeit von 1° in 4 Sekunden für sich allein gegen Süden. Nachdem sie 7° am Himmelsgewölbe durchmessen hatte, zerstreute sich die kleine Wolke. Dass diese

Bewegungen den Perlmutterwolken eigentümlich waren, ging daraus hervor, dass ein Cirrostratus, der gleichzeitig in der entsprechenden Himmelsgegend stand, zur selben Zeit unbeweglich blieb. Die Farbe der Wolken war etwas wechselnd, am Rande meist rot, nach der Mitte zu von rosa bis grün. Diese Wolken erschienen bei hellem Tageslichte nahezu um die Mittagsstunde. Eine Beobachtung durch das Spektroskop ergab nur die Linien des gewöhnlichen Spektrums des Himmelsgewölbes bei Tageslicht, ausserdem einige Absorptionslinien von Wasserdampf. Wahrscheinlich verhinderte jedoch nur das starke Sonnenlicht die Wahrnehmung besonderer Eigentümlichkeiten in dem Spektrum der Wolken. Ihre eigenartige Bewegung liess sich nicht aus dem Einflusse eines Windes erklären, vielmehr meint Professor Paulsen, der Leiter der Expedition, dass die Perlmutterwolken durch andere Kräfte ihre Bewegung erhalten haben müssten, und zwar durch die Mitwirkung der Elektrizität. Der französische Meteorologe Brillouin hat darauf hingewiesen, dass die Eisnadeln, die in grossen Mengen in den höhern Schichten des Luftmeeres enthalten sind, unter dem Einflusse der ultravioletten Sonnenstrahlen eine positive elektrische Ladung annehmen, während gleichzeitig die umgebende Luft negativ elektrisch wird. Paulsen erklärt nun die Bildung einer Perlmutterwolke aus Strömungen negativer Elektrizität, die die Eigenschaft besitzt, Wasserdampf zu verdichten. Die Wolken bewegen sich seiner Ansicht nach wahrscheinlich in der Richtung der elektrischen Strömungen.

Der Wassergehalt der Wolken ist von V. Conrad während eines dreimonatlichen Aufenthaltes auf dem Hohen Sonnblick, sowie durch Messungen auf dem Schneeberg und Schafberg untersucht worden. Er kommt zu folgenden Ergebnissen:[1] 1. Wolken mit einer Sehweite von über 110 *m* haben einen verschwindend kleinen Wassergehalt. 2. Wolken mit 12 *m* Sehweite sind als sehr dichte zu bezeichnen und enthalten etwa 5 *g* flüssiges Wasser im Kubikmeter. 3. Die auf optischem Wege gemessenen Durchmesser der Tröpfchen in den Wolken schwanken zwischen 27 und 37 μ. Die Mittelwerte der Sehweiten in Metern und der Wassermengen in Grammen waren folgende:

20 *m*:	4,46 *g*	48 *m*:	0,99 *g*
28 *m*:	2.76 *g*	70 *m*:	0,50 *g*
35 *m*:	1,58 *g*	80 *m*:	0,38 *g*

Schichtbildungen in der Atmosphäre. Die wissenschaftlichen Luftfahrten, ebenso die Drachenaufsteigungen, sowie die systematischen Messungen der Wolkenhöhen, haben schichtförmige Übereinanderlagerungen der Luftmassen als regelmässige Erscheinungen erkennen lassen. Diese Thatsache zeigt sich in der Unstetigkeit

[1]) Wiener akadem. Anzeiger 1901. p. 182.

der vertikalen Verteilung der einzelnen meteorologischen Elemente deutlich. Dr. R. Süring hat sich über dieselben, besonders auf Grund der Beobachtungen während des internationalen Wolkenjahres 1896—1897, und der Ergebnisse der wissenschaftlichen Ballonfahrten des nähern verbreitet.[1])

Zunächst betrachtet er die Kondensationsschichten. Dr. Vettin hat zuerst auf das Vorhandensein von Zonen maximaler Wolkenhäufigkeit hingewiesen [2]) und Zahlenangaben für deren Höhe gegeben. Süring giebt nunmehr auf Grund der internationalen Wolkenbeobachtungen genaue Daten in Gestalt folgender Tabelle für sieben Stationen.

Stationen	Bossekop	Pavlovsk	Upsala	Potsdam
Geographische Breite .	70°	$59\frac{3}{4}$°	$59\frac{3}{4}$°	$52\frac{1}{2}$°
Zahl der Beobachtungen	335	229	1699	1765
Höhenschicht 1 . . .	1200—1600	1600—2000	1600—2000	1200—1600
» 2 . . .	4000—4400	4400—4800	4000—4400	4000—4400
» 3 . . .	6400—6800	6000—6400	(7200—7600)	6400—6800
» 4 . . .	7800—8200	8000—8400	8000—8400	8400—8800
» 5 . . .	9200—9600	—	10000—10400	9600—10000
» 6 . . .	—	—	—	—

Stationen	Blue Hill	Washington	Manila	Mittel
Geographische Breite .	$42\frac{1}{4}$°	$38\frac{3}{4}$°	$14\frac{1}{2}$°	—
Zahl der Beobachtungen	998	3978	867	—
Höhenschicht 1 . . .	1200—1600	2000—2400	1600—2000	1700
» 2 . . .	4400—4800	4000—4400	3600—4000	4300
» 3 . . .	6800—7200	6000—6400	6000—6400 (7200-7600)	6500
» 4 . . .	8000—8400	8200—8600	8400—8800	8300
» 5 . . .	10000—10400	9600—10000	10000—10400	9900
» 6 . . .	—	12800—13200	12000—12400	—

»Nach oben zeigen diese Zahlen zunächst ein rasches Ansteigen der Wolkenhäufigkeit bis zu ca. 1700 *m*. Doch ist wegen der grossen vertikalen Mächtigkeit der niedrigen Wolken dies nicht als obere Grenze derselben aufzufassen, die Unstetigkeitsfläche dieser Kondensationschicht liegt vielleicht etwas höher. Über 2000 *m* folgt eine sehr schnelle Abnahme der Wolkenhäufigkeit, eine Zone der Wolkenarmut, die bis 4000 *m* reicht. Das Wolkenmaximum bei 4000 *m* ist bei allen Stationen unverkennbar und dürfte auch theoretisch wie praktisch Beachtung verdienen. Hier ist auch der Lieblingsplatz von Wogenwolken. Über 4000 *m* folgt bis 8000 *m* wieder eine recht wolkenarme Schicht, die in wenig auffälliger, aber

---

1) Ill. aëronaut. Mitt. 1901. p. 97.

2) Zeitschr. f. Meteorologie 17. 1882. p. 367. Meteorol. Zeitschr. 1890. 7. p. 98.

doch sicher erkennbarer Weise bei etwa 6500 *m* unterbrochen wird. Sehr ausgesprochen, wenn auch weniger durch eine bei allen Stationen gleiche Höhenlage, als durch ein allgemeines Ansteigen der Häufigkeitszahlen, ist die Wolkenschicht bei etwas über 8000 *m* und dann wieder bei nahe an 10 000 *m*. Diese Zweiteilung der Cirrusschicht ist bei näherer Prüfung des Materiales, z. B. bei Gruppierung nach Jahreszeiten, zweifellos.

Von den einzelnen meteorologischen Elementen lehrt am meisten die vertikale Verteilung der spezifischen Feuchtigkeit, d. h. die Wasserdampfmenge in einem Kilogramm Luft, weil ihre Veränderungen direkt einen Massstab für die Beimischungen fremder Luftmengen geben. Drückt man die Werte der spezifischen Feuchtigkeit von 500 zu 500 *m* Höhe in Prozenten des Anfangswertes aus, so findet Süring aus 58 Ballonfahrten als mittlere Abnahme für je 500 *m*:

0—500	500—1000	1000—15000	1500—2000
9.1*	13.4	15.9	9.1
2000—2500	2500—3000	3000—3500	3500—4000
7.1*	7.4	5.9	3.4
4000—4500	4500—5000	5000—5500	5500—6000
1.9*	6.7	6.2	2.5
	6000—6500	6500—7000	
	1.6*	4.6 %	

»Wo diese Zahlen klein sind, nimmt also die Feuchtigkeit langsam ab, d. h. wir haben hier relativ feuchte Schichten. Als obere Grenzen derselben ergeben sich die Höhen: 500, 2500, 4500 und 6500 *m*. Die Minima bei 500 und 2500 *m* treten im Mittel nur schwach hervor, weil der Einfluss der Jahreszeiten sehr bedeutend ist; um so besser ausgeprägt sind die Störungszonen bei 4500 und 6500 *m*. In noch grössern Höhen sind die Bestimmungen der Feuchtigkeit mit dem Psychrometer zu ungenau, um daraus Schlüsse ziehen zu können.

Nicht so deutlich wie die Feuchtigkeit, aber doch auch sprungweise, ändert sich die Temperatur mit der Höhe, selbst im Mittel zahlreicher Fahrten. Durch die Berliner Fahrten ist nachgewiesen, dass die vertikale Temperaturabnahme eine raschere wird, je höher man steigt. Bildet man [1]) die Differenzen der Temperatur für je 500 *m* Höhe, so zeigt sich, dass sie bis 2000 *m* konstant sind, nämlich 0°.50 für 100 *m* Steigung. Zwischen 2000 und 2500 *m* wächst diese Differenz plötzlich auf 0°.54 und bleibt so bis zu 4000 *m*, erfährt dann wieder eine plötzliche Zunahme auf 0°.64, die nun allerdings allmählich den Betrag von 0°.72 bei 8000 *m* erreicht. Hier tritt wieder ein plötzlicher Sprung bis zu 0°.80 auf 100 *m* ein; wir haben also Zonen bei 2000, 4000 und 8000 *m*. Die vertikalen Änderungen von Windrichtung und Windstärke eignen

[1]) Wissensch. Luftfahrten 3. p. 301.

sich noch weniger zu Mittelbildungen, da Hochdruckgebiete und Tiefdruckgebiete sich so ganz verschieden verhalten. Nach Bersons Untersuchungen sind gerade bei anticyklonalen Zuständen diese ruckweisen Änderungen bald nach dem Verlassen der Erde und an der obern Wolkengrenze sehr charakteristisch. Zahlenmässig ausgedrückt als mittlere Winddrehungen in 500 *m*-Schichten zeigen sich auch hier sprungweise Änderungen am stärksten und häufigsten zwischen 500 und 1000 *m* und zwischen 1500 und 2000 *m* ausgeprägt. Über 3000 *m* sind der wenigen Beobachtungen wegen nur Gruppenbildungen von je 1000 *m* Mächtigkeit möglich, und dabei verwischen sich die Unstetigkeiten. Alle meteorologischen Elemente zusammengefasst, findet man also als mittlere Höhen der Schichtbildungen: 500, 2000, 4309, 6500, 8800 und 9900 *m*.«

17. Niederschläge.

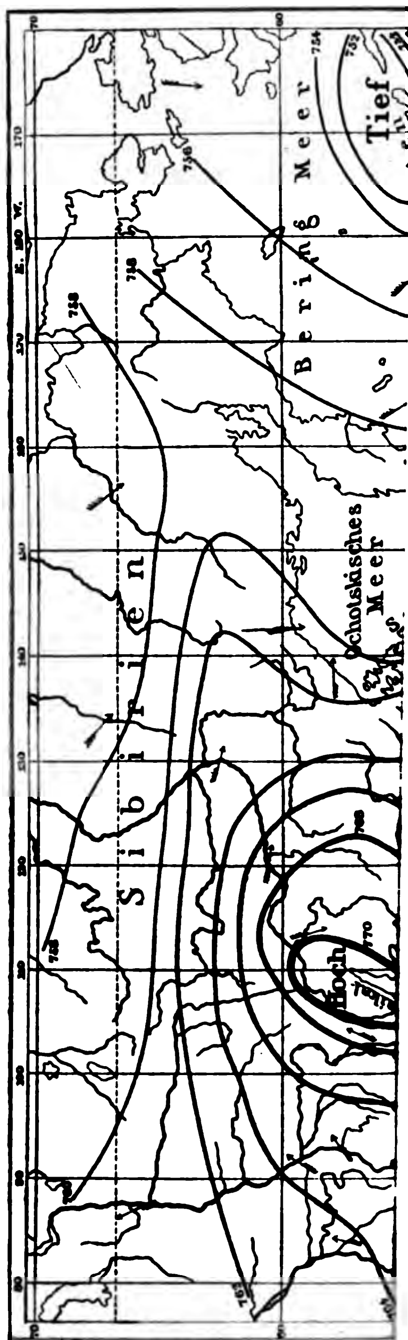
Staubregen in Mitteleuropa. In der Zeit vom 10.—30. März ist in einem grossen Teile von Zentraleuropa, von Italien bis nach Skandinavien, das Niederfallen von gelblich- oder rötlichgrauem, feinem Staube meist als Begleitung von Regen oder Schnee beobachtet worden. Die früheste Wahrnehmung dieser Art wurde in Sicilien, darauf im mittlern und nördlichen Italien gemacht. In Palermo sahen die Einwohner am Morgen des 10. Februar bei nebligem Wetter ein gelblichrotes Dämmerlicht und rötliche Strahlen. Dann setzte Regen ein, und mit diesem kam ein feiner, ziegelfarbiger Staub aus der Luft herab. Das aufregende Phänomen verursachte grossen Schrecken bei der Bevölkerung, die den Beginn des Weltunterganges glaubte. Überall sah man Gruppen von ängstlichen Menschen, die nach einer Erklärung der ungewohnten Erscheinung forschten. Gegen 10 Uhr klärte sich der Himmel schwach auf; gegen 12 Uhr verdunkelte er sich wieder, und der Staubfall trat aufs neue ein. Aus Livorno berichtet uns Herr E. Neu: »Um 11 Uhr abends ging ein leichter Regen nieder, der wie in Süditalien gefärbt war und auf Hüten und Kleidern von jedem Tropfen eine Spur hinterliess. Am nächsten Morgen war eine dünne Schicht des rätselhaften Staubes auf allen hellen Gegenständen zu sehen, die dem Regen ausgesetzt gewesen waren. Besonders deutlich zeigte sich der Niederschlag auf den Grabsteinen, Kirchentreppen, Denkmälern u. s. w. Die von mir auf einem Marmortische des Gartens gesammelte und gewogene Staubmenge ergab $4^1/_2$ *g* auf den Quadratmeter Bodenfläche. Nimmt man hiernach, entsprechend der geographischen Breite Livornos, als Durchschnittszahl für Italien 5 *g* auf den Quadratmeter an, so ergiebt sich, dass an jenem Tage allein im Königreiche Italien die ungeheuere Menge von etwa $1^1/_2$ Millionen Tons dieses Staubes niedergefallen ist. Der Staub, von dem ich eine Probe, etwa $2^1/_2$ *g*,

beifüge, sieht wie pulverisierter blasser Ziegel aus.« Im österreichischen Alpengebiete, besonders in Kärnten, dann auch auf dem Nordabhange der Alpen trat der Staubfall zugleich mit Schnee am 11. März ein, ebenso in Bamberg. Zu Hamburg fiel der Staub in der folgenden Nacht gleichzeitig mit Schnee. Die übersandte Probe lässt diesen Staub als ockergelbes, überaus feines zusammenbackendes Pulver erkennen, in welchem Quarzkörnchen durchaus nicht zu erkennen sind. Versucht man, die Ausbreitung des Staubfalles, der nach Norden hin an Intensität erheblich abnahm, mit den Witterungsverhältnissen in Beziehung zu bringen, so findet sich, dass am 10. März morgens das Zentrum einer Depression südwestlich von der Insel Sardinien lag, und demzufolge auf der Insel Sicilien südliche bis südöstliche Winde herrschen mussten. In Neapel war der Wind SSO. Am 11. März hatte sich die Depression nach Norden verschoben, und eine zweite bildete sich nördlich von ihr, über Bayern, am 12. März lag sie über Norddeutschland und entschwand darauf in der Richtung auf die russischen Ostseeprovinzen. Es fand also in den Tagen vom 10. bis einschliesslich 12. März in den obersten Luftregionen eine von Italien gegen Dänemark hin gerichtete allgemeine Strömung statt, der auch jene Depressionen folgten. Die südlichste derselben kam wahrscheinlich von der ostafrikanischen Küste, und der mitgeführte Staub ist Wüstenstaub aus der Sahara, der innerhalb der Depression mit der aufsteigenden Luft in die Höhe geführt wurde. Die feinsten, pulverförmigen Teilchen desselben wurden in die oberste Luftströmung geführt und von dieser nordwärts getragen. Wir haben hier in kleinern Verhältnissen ein Analogon zu den Erscheinungen nach dem Ausbruche des Krakatau, durch den vulkanische Asche bis in Cirrusregion geschleudert wurde, welche die wunderbaren Morgen- und Abendröten im Jahre 1888 verursachte. Übrigens ist die Erscheinung des roten Staubes gar nicht so selten. In einem gewissen Gebiete des Atlantischen Ozeans an der Westküste Nordafrikas kommt sie so häufig vor, dass diese Region den Namen »das Dunkelmeer« erhalten hat.

Mikrophotographien von Schneekrystallen. Seit 1884 hat W. A. Bentley in Nasville mikrophotographische Aufnahmen von Schneekrystallen gemacht und veröffentlicht jetzt[1]) eine Anzahl charakteristischer und seltener Formen. Einige derselben sind auf Tafel IV reproduziert. Fig. 1 ist sehr ungewöhnlich und selten, ebenso No. 2; No. 3 wurde gelegentlich des Blizzards vom 12. März 1888 gefunden, No. 4 bezeichnet »Bentley« als prächtiges Beispiel von Schneearchitektur und No. 5 als höchst seltsames und ungewöhnliches Vorkommen. No. 6 ist eine nicht selten vorkommende Form.

---

[1]) Monthly Weather Review 1901. p. 212.



Ed. Hch. Mayer, Verlag.
Leipzig.

Isobaren O

18. Winde und Stürme.

Die Luftbewegungen zu Simla und im westlichen Himalaya. Zu Simla, das in 2150 *m* Seehöhe auf den Rücken des südlichen Ausläufers der Zentralkette des Himalaya gelegen ist, war vom September 1893 bis August 1896 bei guter Aufstellung ununterbrochen ein Anemograph thätig, dessen Aufzeichnungen J. Eliot untersucht hat[1]) und seine Untersuchung gleichzeitig auf den allgemeinen Charakter der Luftströmungen im Gebiete des westlichen Himalaya und auf die Luftbewegungen zwischen diesem und dem angrenzenden Teile der Ebene Oberindiens ausdehnt.

Im jährlichen Gange der mittlern Windgeschwindigkeit ergiebt sich deutlich ein Unterschied in der Ebene und im Gebirge: hier wohlausgeprägte Maxima, dort nur eins, das zeitlich fast zusammenfällt mit dem Hauptminimum zu Simla, während im Gebirge das sekundäre Maximum eintritt, wenn in der Ebene die geringste Luftbewegung herrscht. Bemerkenswert ist das nur sehr schwache Anwachsen der Windstärke im Gebirge von der kalten zur warmen Jahreszeit und ihr starker Rückgang mit Eintritt der Regenzeit.

»Die genauere Untersuchung der täglichen und jährlichen Periode der Windrichtung und -stärke zu Simla und an mehrern Stationen Nordindiens lehrt, dass die mittlere Luftbewegung über dem westlichen Himalaya sich sehr wesentlich unterscheidet von derjenigen über der Ebene Nord- und Zentralindiens, und dass sie bedingt wird durch drei voneinander unabhängige und grundverschiedene Ursachen. Zunächst findet ein täglicher Austausch der Luft über dem Himalaya und derjenigen über dem angrenzenden Teile der Ebene Oberindiens statt. Während des Tages heben sich über der Ebene mit steigender Temperatur die Flächen gleichen Druckes, und es wird hierdurch in den untern Schichten eine Luftbewegung von der Ebene nach dem Gebirge hin hervorgerufen. In den grössten Höhen herrscht gleichzeitig eine entgegengesetzte Luftströmung. Während der Nachtstunden senken sich mit zunehmender Abkühlung wieder die Druckflächen über der Ebene, und es entsteht dadurch das gerade entgegengesetzte Windsystem wie am Tage, nämlich in den untern Schichten nördliche und in den höhern südliche Winde. Dieses wechselvolle Spiel der Luftbewegungen bildet sich namentlich an Tagen mit heiterem, ruhigem und warmem Wetter sehr scharf aus. Ein analoges System von Luftströmungen entsteht aus den gleichen Gründen gleichzeitig am Nordabhange des Himalaya über Tibet, nur sind hier die Windrichtungen entgegengesetzt wie auf der Südseite, nämlich in den untern Schichten tagsüber nördlich und nachts südlich. Es steigt somit tagsüber sowohl am Nord- wie am Südabhange des Himalaya ein Luftstrom aufwärts; auf dem Kamme des Gebirges werden diese beiden Ströme aufeinander treffen, wobei ausgedehnte Mischungen stattfinden müssen. In grössern Höhen teilen sie sich wieder in zwei Arme, in einen südwärts und einen nordwärts ziehenden. Hierbei wird Luft, die am Südabhange des Himalaya aufgestiegen ist, in die obere Luftströmung über Tibet hinübergeleitet, und ebenso wird der nach S abziehende Arm Luft enthalten, die am Nordabhange des Himalaya emporgestiegen ist. In solcher Weise gelangt also auch an klaren Tagen Luft, welche über Tibet sich befand, nach südlichen Breiten.

---

[1]) Indian Meteorological Memoirs. Kalkutta 1899. 6. V. Auszug von A. Coym in Meteorol. Zeitschr. 1901 p. 284, woraus oben der Text.

Ein analoger Luftaustausch, bei dem nur alle Winde entgegengesetzte Richtungen haben, findet während der Nachtstunden statt.

Über dieses durch rein thermische Ursachen hervorgerufene und eine ausgesprochene tägliche Periode aufweisende Windsystem lagern sich nun noch diejenigen Luftströmungen, die nach den in Oberindien jahreszeitlich auftretenden Tiefdruckgebieten gerichtet sind, und deren Intensität und Dauer bedingt wird durch die augenblickliche Lage und Tiefe jener jahreszeitlichen Depressionen. Schliesslich wirken bestimmend für die mittlere Windrichtung und -geschwindigkeit noch unregelmässig auftretende Witterungsvorgänge ein; hierzu gehören die Kaltwetterregen, die Stürme der heissen Jahreszeit (Hagel-, Gewitter-, Staubstürme) und die in der Regenzeit vom Golfe von Bengalen das Gangesthal hinaufziehenden Depressionen.

Da nun der Einfluss dieser drei verschiedenen Ursachen in allen Jahreszeiten nicht in gleicher Grösse auftritt, sondern in sehr ungleichmässiger, so weisen die einzelnen Teile des Jahres sehr voneinander abweichende Windverhältnisse auf.

Die Jahreszeit des sich zurückziehenden SW-Monsuns (Oktober-Dezember): Während dieser ganzen Periode ist das westliche Himalayagebiet frei von atmosphärischen Störungen, und es herrscht deshalb schönes, ruhiges Wetter mit klarem Himmel und schwachen Winden oft mehrere Wochen lang ohne Unterbrechung. Am prägnantesten treten die dieser Jahreszeit eigentümlichen Windsysteme im November auf, während Oktober und Dezember schon Übergangsmonate sind. Die tägliche Drehung des Windes ist in diesem Teile des Jahres scharf ausgeprägt. In den Tagesstunden herrschen südliche und in der Nacht nördliche Winde; der Übergang von der Süd- in die Nordrichtung ist aber kein allmählicher, sondern ein plötzlicher, indem zu den Zeiten des Windumsprunges morgens und abends (10^a und 6^p) meist Windstille herrscht. Der tägliche Gang der Windgeschwindigkeit weist eine doppelte Oscillation auf: ein Maximum bald nach Mittag und eins in der Nacht, die durch zwei Minima zur Zeit des Windumsprunges getrennt sind. Alle diese Angaben zeigen deutlich, dass die Luftströmungen im westlichen Himalaya in diesen Monaten wesentlich durch die erste der oben genannten Ursachen bedingt werden; die Einflüsse der beiden andern treten dagegen ganz zurück.

Da die tägliche Amplitude der Temperatur in dieser Jahreszeit nicht sehr gross ist, so können die Winde gegen das Gebirge am Tage und die vom Gebirge weg in der Nacht keine sehr beträchtliche Stärke erreichen, und deshalb muss die mittlere monatliche Windgeschwindigkeit in dieser Jahreszeit sehr gering sein.

Auffällig ist, dass das nächtliche Maximum der Windgeschwindigkeit im November in zwei zerfällt, in eins vor und eins nach Mitternacht, die durch ein Minimum um Mitternacht getrennt sind. Für die Erklärung dieser Eigentümlichkeit, die auch noch in mehrern andern Monaten auftritt, weiss der Verfasser keine Gründe anzugeben.

Die kalte Jahreszeit (Januar und Februar): Eine genaue Untersuchung zeigt, dass die mittlern Windverhältnisse hauptsächlich bestimmt werden durch die Kombination von Winden von zwei verschiedenen Klassen: die einen, südliche Winde mit grösserer oder geringerer östlicher oder westlicher Komponente, herrschen vor an Tagen mit unruhiger Witterung, welche durch westliche Depressionen hervorgerufen wird, die andern, herrührend von den abwechselnden Luftbewegungen zwischen dem Gebirge und der angrenzenden Ebene, sind besonders stark ausgeprägt in Perioden mit anhaltendem schönen Wetter und haben denselben Charakter wie die gleichen Luftströmungen in der vorhergehenden Jahreszeit. Da nun die Tage mit unruhiger Witterung in diesen Monaten diejenigen mit ruhigem Wetter der Zahl nach bei weitem übertreffen, so müssen die mittlern

Windverhältnisse in diesen Monaten sich mehr denjenigen nähern, wie sie an Tagen mit stürmischem Wetter auftreten, d. h. im Mittel werden fast zu allen Tagesstunden südliche Winde wehen. Im Februar herrschen aber schon, da in ihm die Zahl der Tage mit unruhiger Witterung nicht so gross ist wie im Januar, fast während der meisten Nachtstunden nördliche Winde vor.

Die Windgeschwindigkeit weist ein Maximum am Mittage und je ein Minimum am Morgen und Abende, sowie noch mehrere sekundäre Maxima und Minima während der Nacht auf. Die Luftbewegung ist zu dieser Jahreszeit ziemlich lebhaft. Besonders starke Winde von meist südlicher Richtung herrschen im Himalaya zur Zeit der Kaltwetterstürme Nordindiens und wehen meist in kurzen, heftigen Stössen.

Die heisse Jahreszeit (März—Juni): Die charakteristischen Züge der in dieser Jahreszeit herrschenden Windsysteme zeigen sich am markantesten im April und Mai. Die mittlern Luftbewegungen zu Simla bestehen fast vollständig aus den abwechselnden Luftströmungen zwischen dem Gebirge und der Ebene: südwestliche Winde am Tage, nordöstliche in der Nacht. Die Maxima der Geschwindigkeit fallen auf die heisseste Tageszeit und auf Mitternacht; das Umspringen des Windes findet um 9a und um 8p statt, um welche Zeit Windstille herrscht. Entsprechend der starken täglichen Amplitude der Temperatur ist diejenige der Windgeschwindigkeit auch sehr gross, und wehen die Winde mittags und um Mitternacht sehr lebhaft; diese Jahreszeit weist deshalb die grösste mittlere monatliche Windgeschwindigkeit auf.

Vorübergehend wird dieses regelmässige Windsystem manchmal gestört durch das Auftreten der Heisswetterstürme. Da diese aber nur sehr kurze Zeit dauern, und dann meist auch nur schwache Winde wehen, so können sie auf die mittlere Stärke und Richtung der Luftbewegung in dieser Jahreszeit keinen wesentlichen Einfluss ausüben. Bemerkenswerter sind dagegen die im Mai und Juni zur Zeit der grössten Hitze auftretenden und länger anhaltenden starken nördlichen Winde. Sie erscheinen gewöhnlich mit mässig tiefen über Obersüd- oder Südwestpandschab lagernden Depressionen und wehen so häufig, dass im Mai zu allen Tagesstunden im Mittel öfter nördliche als südliche Winde beobachtet werden. Zugleich bewirken sie im Vereine mit dem oben erwähnten Windsysteme im Mai ein starkes Anwachsen des mitternächtlichen Maximums der Windstärke.

Die Regenzeit (Juni — September): In diesem Teile des Jahres wehen im Mittel zu allen Tagesstunden über das Gebiet des westlichen Himalaya nördliche Winde; der tägliche Gang der Windgeschwindigkeit ist ein sehr unregelmässiger, ohne stark ausgeprägte Maxima und Minima. Eine Diskussion der Aufzeichnungen der einzelnen Tage zeigt, dass die mittlere Windrichtung in diesen Monaten resultiert aus einer täglich abwechselnden Luftbewegung zwischen Gebirge und Ebene, die sich rein, wenn auch nur schwach, zur Zeit der Unterbrechungen in dem Auftreten der Monsunwinde ausbildet, und aus einer mässigen, nach dem Tiefdruckgebiete Oberindiens gerichteten Luftströmung, deren Richtung sich aber von Tag zu Tag rasch mit der Tiefe und Lage jener jahreszeitlichen Depression ändert. Die Kombination dieser beiden Windsysteme giebt mässig starke nördliche Winde während der Nachtstunden und schwache bis mässige nördliche Winde während der Tagesstunden, wenn, wie es gewöhnlich der Fall ist, die nach jenem Tiefdruckgebiete gerichteten Luftströmungen stärker sind als die aus dem wechselnden Luftaustausche zwischen Gebirge und Ebene am Tage resultierenden südlichen Winde. Über diese Strömungen lagern sich nun noch die Monsunwinde, die, falls sie von der Bay von Bengalen kommen, in Oberindien eine südöstliche, falls sie von dem Arabischen Meere stammen, eine westsüdwestliche Richtung

besitzen. Da aber beide Zweige des Monsuns ziemlich gleich oft ihren Wirkungsbereich bis nach Oberindien ausdehnen, so heben sich diese beiden östlichen und westlichen Komponenten im Mittel auf, und die resultierende schwache südliche Komponente wird die durch die beiden oben erwähnten Windsysteme hervorgerufene mittlere nördliche Strömung nur in ihrer Stärke etwas vermindern.«

Die Windbewegungen und Luftdruckverhältnisse im fernen Osten behandelt P. Bergholz[1]) auf Grund einer vom Direktor des Zikawei-Observatoriums im 7. Jahresberichte der Shanghai Meteorological Society veröffentlichten Abhandlung. Es werden die Luftdruckverhältnisse und die Windbewegungen im grössten Teile von Sibirien, dem nordöstlichen Indien, China, Japan und einem grossen Teile des westlichen Stillen Ozeans behandelt, gegründet auf die Luftdruckmittel von 1886—1895. Ein Atlas von sechs Karten erläutert die Abhandlung, und diesem ist Tafel V, welche die Isobaren für den Monat Oktober enthält, entnommen. Den Störungen der normalen Windbewegung giebt Verfasser die Bezeichnung Land- oder Winterstürme, und P. Bergholz teilt darüber aus obiger Abhandlung folgendes mit.

Es lassen sich drei Arten unterscheiden:

1. Die erste Art von ihnen stellt wohl ausgebildete Depressionen dar, bei denen sich wie bei allen besser ausgebildeten Cyklonen ein entweder kreisförmiges oder elliptisches Zentrum erkennen lässt. Um dieses Zentrum herum ist der Luftdruck gleichmässig verteilt, die Luftbewegung vollzieht sich in derselben Weise wie bei den Tropenorkanen in Spiralen. Diese Stürme, die man zu Zeiten mit denen, welche vorher an den englischen und norwegischen Küsten hausten, in Beziehung bringen möchte, ziehen bald im N, bald im Süden des Baikalsees vorüber und schlagen eine ostnordöstliche bis ostsüdöstliche Richtung ein. Ihr Auftreten lässt viele gerade so gut wie das der Tropenorkane prognostizieren. Haben sie die See erreicht, so gehen sie regelmässig, indem sie sich verstärken, in kräftige Cyklonen über. Auf dem Meere ist ihre Zugrichtung NO oder ONO, ihre Bahn ist gewöhnlich etwas gekrümmt, die konvexe Seite der Kurve ist nach S gekehrt. In vereinzelten Fällen lässt sich die Bahn über den Stillen Ozean hinweg bis an die Küsten Nordamerikas verfolgen, in den meisten Fällen fehlt aber hierzu das Beobachtungsmaterial. Die Geschwindigkeit der Fortbewegung scheint sich auf dem Meere nicht zu vergrössern.

2. Der zweiten Art der Winterstürme ist eine regelmässige Form durchaus nicht eigentümlich. Sie zeigt sich als eine langgestreckte Depression, die einen in einem engen Thale dahin führenden Wege oder aber dem Thale zwischen zwei benachbarten Wellen des Ozeans vergleichbar erscheint. Von einem Zentrum, von dem aus der Luftdruck nach allen Seiten hin gleichmässig zunimmt, ist ebenso wenig die Rede, wie von einer elliptischen Form des Körpers der Cyklone, vielmehr findet sich der niedrigste Luftdruck längs einer Linie, die Hunderte von Meilen lang sein kann. Diese Linie kann gerade sein, ist aber auch häufig mehr oder weniger unregelmässig gekrümmt. Vielfach tritt eine seichte Krümmung wie bei der Schneide einer Sense auf und als ihre Hauptrichtung SSW—NNO. Ein solches Gebilde rückt auf die See zu vor. Wegen der merkwürdigen Form der Linie niedrigsten Druckes kann es sich dann sehr wohl ereignen, dass ein Steigen des Barometers mit einem Umgehen des Windes an Orten be-

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 241.

obachtet wird, die voneinander so weit entfernt liegen als Futschu und Tschifu oder Shanghai und Chemulpo. Möglich ist auch bei der gebogenen Form der Linie niedrigsten Druckcs, dass von ihr früher zwei Orte an der Küste als ein mehr landeinwärts liegender Ort getroffen werden.

Wenn auch das Fallen und Steigen des Barometers denselben Wert haben kann, so vollzieht es sich doch an beiden Seiten des Minimums nicht in gleicher Weise. Das Fallen des Barometers ist langsam, fast unmerklich, es ist dem Fallen des Wassers unter dem Einflusse der Ebbe vergleichbar, das Steigen aber vollzieht sich plötzlich und heftig, wie wenn das Wasser aus einem Schleusenthor stürzt, oder wie wenn sich eine mächtige ozeanische Welle an der Küste bricht. Der Fall ist von mässigen Winden begleitet, die sich immer mehr und mehr abschwächen und der Windstille nähern. Das Umlaufen des Windes geht langsam durch SO, S und SW vonstatten, dann tritt zuweilen Stille ein. Die Luft wird dick und feucht, und die Temperatur steigert sich oft bis zu 10° C. und darüber über den Mittelwert hinaus. Häufig liegt auch ein mehr oder weniger dicker Nebel über der Küste. Ist das Minimum des Luftdruckes erreicht, so frischt der Wind auf und geht in W oder WNW über, plötzlich fängt dann ein trockner, kalter, nordwestlicher Wind zu wehen an, der klaren Himmel und schönes Wetter bringt, der aber auch noch zwei bis drei Tage tüchtig wehen kann. Das Steigen des Barometers und die Stärke des Windes hängen von der Höhe des sibirischen Maximums und von der Geschwindigkeit ab, mit der es sich in das Depressionsthal hinein bewegt.

Hat die Depression die See erreicht, so löst sie sich in Bruchstücke auf, die sich ausfüllen, oder die sich in kleine Wirbelzentren verwandeln. Solche Zentren können dann die Lutschuinseln oder den S von Japan erreichen, sie können aber auch den Weg über Korea und das japanische Meer nach den Kurilen einschlagen.

3. Noch eine dritte Art von Winterstürmen, die aber wesentlich von den beiden andern abweicht, bleibt übrig. Während sich die Tropenorkane vom offnen Meere auf die Küsten zu bewegen, bewegen sich die bisher betrachteten beiden Arten von Winterstürmen vom Festlande auf die See zu. Die dritte Art ist gemischten Ursprunges, sie verdanken ihre Entstehung zwei Zentren, von denen sich das eine vom Meere auf die Küste zu bewegt, während das andere vom Kontinente auf das Meer zu vorschreitet. In der kalten Jahreszeit bilden die Küsten Ostasiens, besonders aber der Teil, der zwischen den Mündungen des Yangtze und des Amur liegt, eine atmosphärische Abdachung. Hier sind die Linien gleichen Druckes der Küste und untereinander gleich gerichtet und dazu einander sehr nahe gerückt. Der Grund liegt in den beiden Aktionszentren, von denen das eine, als mächtigstes Hochdruckgebiet der Erde, mit seinem Kerne über dem Baikalsee liegt, während das andere, als langgestrecktes Gebiet niedern Druckes, die das Behringsmeer nach S abschliessende Inselwelt überlagert. Bei dieser Lage muss sich die Luft vom Baikalsee aus nach dem fast in gleicher Breite liegenden Depressionsgebiete in Bewegung setzen. An der Küste entstehen nordwestliche Winde, deren Einfluss sich bis in die Breite von Shanghai hin fühlbar macht. Nun kann im Hochdruckgebiete eine weitere Erhöhung des Luftdruckes und im Niederdruckgebiete eine weitere Vertiefung des Druckes eintreten, und ferner kann eine Bewegung des einen Gebietes auf das andere zu oder eine Bewegung beider Gebiete gegeneinander vor sich gehen. Solche Erscheinungen kommen alljährlich wiederholt vor, sie führen zu einer ausserordentlichen Zunahme der Windstärke, ja zur Bildung von Stürmen. Auf diese Weise entstand im Dezember 1898 ein Orkan, der zu den heftigsten Winterstürmen zählt, die je beobachtet wurden. Ein Minimum von 744 *mm* war bis nach Tokio vorgerückt, das kontinentale Maximum aber, das eine Höhe von 793 *mm* erreicht hatte, hatte sich gleichzeitig ostwärts bewegt.

Es ist sehr wohl denkbar, dass zwischen diesen drei Arten von Winterstürmen Übergangsformen existieren.

Die Winterstürme lassen sich in vier Gruppen bringen: 1. solche, deren Zentren südlich der Yangtzemündung das Meer erreichen, 2. solche, welche zwischen der Yangtzemündung und dem N des Golfes von Petschili das Meer erreichen, 3. solche, die im Japanischen Meere die See erreichen und 4. in die langen Depressionen, die an weit voneinander gelegenen Orten gleichzeitig auftreten.

In den sechs Jahren 1893—1898 wurden, abgesehen von Taifunen, 146 Depressionen beobachtet, von ihnen fallen auf den Oktober 13, November 23, Dezember 26, Januar 23, Februar 27, März 34, oder im Jahre auf den Oktober 2, November, Dezember und Januar je 4, Februar 4—5, März 6. Wenn im März auch die Zahl am grössten ist, so ist doch die Stärke der Stürme bei weitem nicht die grösste.

Südlich von Shanghai tritt demnach im Oktober höchst selten eine Depression auf, während dies mitten im Winter recht oft der Fall ist. Zwischen Shanghai und Tientsin im Golfe von Petschili kommen die Stürme in der ganzen kalten Jahreszeit verhältnismässig häufig vor, am meisten jedoch im März. Für das Japanische Meer liegen die Maxima der Häufigkeit im November und März.

Die mittlere Richtung des Zuges ist ONO, südlich des 33. Breitengrades ist eine Neigung nach NO, nördlich davon aber nach O abzubiegen vorhanden. Diese Angaben über die mittlern Richtungen der Zugstrassen beziehen sich auf die Gegenden zwischen den chinesischen Küsten und dem 140.° O. L., darüber hinaus fehlen die Beobachtungen. Es mag noch hinzugefügt werden, dass die Zentren oftmals, wenn sie die Nähe von Tokio erreicht haben, nach NO und selbst nach NNO abbiegen und der Küste von Nippon parallel auf Yezo zu laufen.

Auch für die einzelnen kalten Monate sind für die Gruppen 1 und 2, südlich und nördlich von Shanghai, die mittlern Zugrichtungen bestimmt worden.

Die Mittelrichtung bleibt auch hier ONO, im November neigt die Richtung mehr NO zu. Im allgemeinen ist es dieselbe Richtung, die schon P. Chevalier in seiner Schrift 1894 über die Winterstürme[1]) angab. Erwähnenswert ist noch, dass die mittlere Zugrichtung dieser Cyklonen mit der Mittelrichtung der Bewegung der höhern Luftschichten, der Cirruswolken, die F. Mac Dechevrens[2]) im Jahre 1885 veröffentlichte, nahezu übereinstimmt.

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Zentren bewegen, sagt P. Chevalier, wechselt in den verschiedenen Cyklonen sehr, sie schwankt zwischen 0 und 80 engl. Meilen p. h. Die gewöhnlich auftretende Geschwindigkeit beträgt 30 Meilen in der Stunde. Selbst in ein und derselben Cyklone ändert sich die Geschwindigkeit derart, dass sie von der weniger Meilen auf 30 und 40 Meilen ansteigen kann. Die Geschwindigkeit 0 entspricht in der Regel nur zwei Perioden, nämlich der der Bildung und der der Auflösung der Cyklonen. In den uns vorliegenden Fällen betrug die Geschwindigkeit nie mehr als 60 Meilen p. h., die mittlere Geschwindigkeit stimmt mit der von P. Chevalier angegebenen überein. Sie betrug in den Cyklonen südlich von Shanghai 32.3 Meilen, in denen zwischen Shanghai und Tientsin 28.7 Meilen, in denen nördlich von Tientsin 32.8 Meilen und in den langgestreckten Depressionen 33.4 Meilen, als Mittelwert ergeben sich 31.8 Meilen.

---

[1]) Shanghai Meteorological Society. Third annual report p. 14.

[2]) F. M. Dechevrens, Mouvements des couches élevées de l'atmosphère à Zikawei.

19. Elektrische Erscheinungen.

Die Existenz freier elektrischer Ionen in der Atmosphäre ist von J. Elster und H. Geitel nachgewiesen worden.[1]) Dieser Nachweis, dass die Atmosphäre stets eine gewisse Anzahl kleinster, elektrisch geladener Teilchen (Ionen) enthält, welche mit keinen bekannten materiellen Partikelchen in der Luft identisch sein können, lässt uns die Atmosphäre in einem Zustande erscheinen, als sei sie von Röntgenstrahlen und den Strahlen radioaktiver Substanzen, wie Uran und Thor, durchsetzt. Elster und Geitel zeigten, dass die Elektrizitätszerstreuung eines isolierten geladenen Konduktors nicht, wie man bis dahin glaubte, lediglich der Unvollkommenheit des Isolators zuzuschreiben ist, sondern dass man annehmen muss, es finde entweder ein Austreten der Elektrizität in die Atmosphäre statt oder ein Einströmen entgegengesetzter, also neutralisierender Elektrizität aus der Luft in den Konduktor. Der Ladungsverlust ist auf keinen Fall durch den Wasserdampf der Atmosphäre und ebensowenig durch Rauch- oder Staubteilchen derselben zu erklären, wie Elster und Geitel durch spezielle Versuche zeigten. Dagegen weisen sie nach, dass die Elektrizitätszerstreuung oder Entladung dadurch erfolgt, dass in der Luft elektrisch geladene Teilchen stets vorhanden sind, welche, durch die Ladung des Körpers angezogen, auf ihn zuwandern und ihre Ladungen gegenseitig neutralisieren. Bezüglich der Herkunft der Ionen haben die Untersuchungen von Professor Lenard (Kiel) erwiesen, dass in Luft, welche von ultravioletten Lichtstrahlen durchsetzt wird, freie Ionen auftreten, von denen die negativ geladenen eine viel grössere Geschwindigkeit besitzen als die positiven, jene sind in der Grösse eines körperlichen Atoms anzunehmen, diese dagegen erscheinen an grössere Verbindungen geknüpft. Die ultravioletten Lichtstrahlen der Sonne werden schon in den höchsten Luftschichten stark absorbiert, und man darf schliessen, dass auf Kosten ihrer Energie die Sonderung der Ionen eintritt. Die negativen, welche grössere Geschwindigkeit besitzen, bewegen sich fort und verursachen die negative elektrische Ladung des Erdkörpers, dieser zieht seinerseits die positiven Ionen an und neutralisiert sich zum Teil mit ihnen. Die fortwährende Regenerierung der Ladung erfolgt durch denjenigen Teil der Sonnenenergie, welcher der Erde in Gestalt von ultravioletten Lichtstrahlen zu teil wird. Gleichwie die mechanische Zirkulation in den untersten Schichten des Luftmeeres durch die Wärmestrahlung, so wird eine elektrische Zirkulation durch die ultraviolette Lichtstrahlung in den höchsten Schichten eingeleitet und unterhalten.

---

[1]) Terrestrial Magnetism and atmospheric electricity 4. p. 213. Annalen der Physik 1900. 2. p. 425. Physik. Zeitschrift 1900. 2. p. 113.

Unter Annahme der Lenardschen Hypothese, wonach der Ursprung der Ionen in den höchsten Schichten der Atmosphäre zu suchen ist, muss mit der Höhe eine Zunahme der Entladungsgeschwindigkeit eintreten, und diese ist durch Beobachtungen im Gebirge nachgewiesen worden. J. Elster hat gefunden, dass auf Bergspitzen die Entladungsgeschwindigkeit für negative Ladungen erheblich grösser ist als für positive, während sie in den Ebenen fast völlig gleich waren. Auf dem Monte Salvatore bei Togar fand er in 909 *m* Höhe als maximale positive Entladungsgeschwindigkeiten 0.53, als maximale negative 2.17, das Verhältnis beider also = 4.1. In 1707 *m* Höhe war dasselbe (am Monte Genovefa) = 15.1, in 3220 *m* Höhe (am Piz Languard) = 16.9. Der Erdkörper wirkt hier auf den Luftraum als dauernd negativ-elektrisch geladen, und die Berge wirken wie Spitzen. Die negative Erdelektrizität ist auf ihm sehr dicht angehäuft und zieht aus der umgebenden Luft vorwiegend positiv elektrische Ionen zur Neutralisierung an, so dass also ein negativ geladener Zerstreuungskörper rascher entladen werden muss, als ein positiver. Um über die Änderung des elektrischen Leitungsvermögens der Luft mit zunehmender Höhe genauere Daten zu erhalten, unternahm Professor H. Ebert (München) zwei Freifahrten im Ballon, wobei die Beobachtungen an dem Zerstreuungsapparate von Elster und Geitel angestellt wurden, und welche im allgemeinen die theoretischen Schlussfolgerungen bestätigten.

Die grösste Stromstärke des Blitzes. Über die Stärke des Blitzes, ausgedrückt in den gebräuchlichen elektrischen Masseinheiten, hatte man bis jetzt so gut wie gar keine begründeten Angaben. Vor einigen Jahren hat nun F. Pockels auf ein Verfahren aufmerksam gemacht, aus der remanenten Magnetisierung von Basaltprismen, die sich in bekanntem Abstande von der Blitzbahn befunden haben, die maximale Stromstärke zu ermitteln, die bei der Entladung stattgefunden hatte. Zu diesem Zwecke hat er an den Blitzableitern von verschiedenen Aussichtstürmen und andern freistehenden Gebäuden Basaltprismen anbringen lassen. So auch an den Blitzableitern des Observatoriums auf dem Monte Cimone in den Apenninen, und dort sind zwei dieser Prismen durch Blitzschläge magnetisiert worden. Das eine war am 18. Juli 1900 ausgelegt, und nachdem ein Blitz in den Ableiter gefahren, am 24. wieder abgenommen worden. Die Untersuchung ergab, dass die maximale Stromstärke der Blitzentladung 10 000 Ampère betragen hatte. Das andere Prisma wurde durch vier starke Entladungen in der Nacht vom 26. zum 27. August magnetisiert und ergab eine Stromstärke von 5500 Ampère. Nun war die Leitung, an welcher die Prismen angebracht worden, eine der zwei Erdleitungen des getroffenen Blitzableiters, so dass die Stromstärke vermutlich nur die Hälfte der Blitzentladung darstellt. Letztere hätte also die Maximalstromstärke von 20 000 und 11 000 Ampère besessen.

Kugelblitze. Über die Art und Weise, wie Kugelblitze zustandekommen, ist noch wenig Zuverlässiges bekannt, wenngleich es an Hypothesen darüber nicht fehlt. Von den auf die verschiedenste Weise hergestellten elektrischen Entladungsformen ist keine mit den Kugelblitzen völlig identisch. Dagegen zeigt der Büschellichtbogen — eine noch wenig bekannte eigentümliche Entladungsart, bei welcher sich in freier Luft vom Atmosphärendrucke durch ausgedehnte lichtlose Räume getrennte Leuchtmassen auf der Entladungsbahn ausbilden — Analogien zu den Kugelblitzen. Prof. M. Toepler hat diese Ähnlichkeit nun weiter verfolgt[1]) und ist dabei zu interessanten Ergebnissen gelangt. Er hebt zunächst hervor, dass die Ähnlichkeit beider Erscheinungen besonders dann augenfällig ist, wenn man die Kugelblitze mit den Leuchterscheinungen vergleicht, welche bei Büschellichtbogen in etwas verdünnter Luft (von etwa 5 *cm* Quecksilberdruck) zu beobachten sind, worauf zuerst A. Righi aufmerksam gemacht.

Überträgt man, unter Beachtung der geänderten Grössenverhältnisse und mit Berücksichtigung des Beobachtungsmateriales über Kugelblitze, die am Büschellichtbogen festgestellten Gesetze, Beziehungen und Eigentümlichkeiten auf die Kugelblitzentladung, so lässt sich letztere in zum Teil in das Wesen des Entladungsmechanismus eindringender Weise zusammenfassend schildern. Dies ist von Toepler in nachfolgender Weise durchgeführt worden, wobei er im Originale sich stets auf die einzelnen Quellenangaben bezieht.

»Beginn des Entladungsprozesses bei Kugelblitzen. Der gesamte Entladungsvorgang wird (von seltenen Ausnahmen vielleicht abgesehen) eingeleitet durch einen gewöhnlichen (sogenannten Linien- oder Zickzack-) Blitz. Dies gilt sowohl für Entladung zwischen zwei Wolken, als auch zwischen Wolke und Erde. In diesem Initialblitze gleichen sich diejenigen Elektrizitätsmengen aus, welche in ihn an seinen Endpunkten in kürzester Zeit einströmen können. Von der Menge dieser unmittelbar verfügbaren Elektrizität hängt die Intensität des Initialfunkens ab; sie ist wohl in der Regel nicht unerheblich, doch sind auch Kugelblitze beobachtet worden, bei denen der Initialfunken wahrscheinlich nur sehr schwach war.

Die Bahn des Initialblitzes verbleibt für kurze Zeit in einem derartigen Zustande, dass in ihr Elektrizität leichter bewegt werden kann, als im umgebenden Luftraume; der Blitz hinterlässt einen Entladungskanal. Wird bald nach der Blitzentladung neue Elektrizität in den beiderseitigen Ursprungsgebieten des Blitzes frei, oder erfolgt aus fernerliegenden Wolkenteilen ein nachträgliches Zuströmen von Elektrizität, so kann der Entladungskanal von einer Reihe von Nachentladungen in Form wie der von gewöhnlichen Blitzen benutzt werden. Es ist jedoch auch möglich, dass im Entladungskanale ein nahe kontinuierliches Fliessen von Elektrizität eintritt. Ohne geeignete Beobachtungshilfsmittel bemerkt man das Nachfliessen natürlich nur in den seltenen Fällen, in denen der Initialblitz schwach, das Nachfliessen stark und langdauernd erfolgt, oder wenn der Entladungskanal (vielleicht vom Winde verschoben) noch während der Nachentladung seine Bahn wesentlich änderte.

[1]) Annalen der Physik IV. Folge. 1900. 2. p. 623. Meteorol. Zeitschr. 1900. p. 543.

Erfolgt der Elektrizitätsnachfluss sehr gleichmässig, so findet günstigenfalls eine regelmässige Lichtschichtung, Leuchtmassenbildung längs der Entladungsbahn statt (Perlschnur- oder Rosenkranzblitze und Kugelblitze).

Die Leuchtmasse. Bei langdauerndem, nahe kontinuierlichem Elektrizitätsflusse zwischen Wolke und Erde kommt es im Entladungskanale fast ausnahmslos nur zur Bildung einer einzigen Leuchtmasse; nach ihrer Gestalt wird der ganze Entladungsprozess bekanntlich Kugelblitz genannt. Aus welchen Gründen nur an einer oder mehrern Stellen der Entladungsbahn eine intensive Lichtentwickelung (Bildung einer Leuchtmasse, Lichtkugel, Flamme oder dgl.) stattfindet, lässt sich zur Zeit noch nicht sagen; wir kennen ja selbst für den Büschellichtbogen noch nicht die nötigen und hinreichenden Bedingungen zur Ausbildung von Leuchtmassen. Anzunehmen ist wohl, dass die Leuchtmasse zugleich eine etwas verengte Stelle der Entladungsbahn bezeichnet.

Die Grösse der Leuchtmasse wird sehr verschieden angegeben, meist faust- bis kopfgross. Ihre Gestalt ist wohl stets nur in erster Annäherung als eine Kugel zu bezeichnen. Oft besitzt die Leuchtmasse etwa eiförmige Gestalt; ihre Längsaxe zeigt wahrscheinlich, ähnlich wie diejenige der Leuchtmassen des Büschellichtbogens, die Richtung der elektrischen Strömung an. Oft auch ist die Leuchtmasse nach einer Seite hin flammen-, kerzen-, licht- oder birnförmig zugespitzt. Da die Leuchtmassen sowohl bei positivem wie bei negativem Büschellichtbogen ihre spitze Seite der Anode, die breitere der Kathode zuwenden, so ist vielleicht das Gleiche bei der Leuchtmasse des Kugelblitzes der Fall.

Die Begrenzung der Lichterscheinung ist keine scharfe; die eigentliche Leuchtmasse dürfte meist von einer lichtschwachen, eventuell auch anders gefärbten Lichthülle umgeben sein. Letztere kann einseitig, seltener wohl auch zweiseitig im Entladungskanale sehr lang ausgezogen sein. Der ganze Kugelblitz erscheint dann als längliches Lichtband; die eigentliche Leuchtmasse als etwas verdickte hellste Stelle, wahrscheinlich meist das der Kathode zugekehrte Ende des Leuchtbandes bildend. Diese verlängerte Lichterscheinung bildet schon den Übergang zu dem oben citierten »Feuerstrome«, d. h. zu einer Lichtentwickelung auf der ganzen Entladungsbahn.

Die Farbe der eigentlichen Leuchtmasse ist bei geringer Strömungsintensität bläulich, dann dunkel- oder karminrot, ziegelrot, gelbrot, schliesslich weisslich; in den allermeisten Fällen wird die Leuchtmasse als dunkel-, feurig oder karminrot geschildert.

Die in der Leuchtmasse sich relativ eng zusammendrängenden Strömungsfäden treten nach unten mehr auseinander. Am Boden verbreiten sie sich wohl in der Regel auf ein grösseres Flächengebiet und endigen daselbst in einzelnen Lichtbüscheln, diskreten Glimmlichtpunkten oder auch in Flächenstücken mit zusammenhängender Glimmlichthaut. Dass letztgenannte Lichterscheinungen bei Kugelblitzen bisher nur selten beobachtet wurden, erklärt sich durch ihre relativ sehr geringe Helligkeit. Auch ist es sehr wohl möglich, dass die Stromfäden unter Umständen (auf Wasseroberflächen etc.) lichtlos endigen.

Bewegung der Leuchtmasse. Eine Verschiebung des Entladungskanales durch Luftströmungen (Wind) oder auch wohl unter dem Einflusse elektrischer Kräfte wird an einer Horizontalverschiebung der Leuchtmasse sichtbar. Jedoch findet in der Regel ausserdem noch während der Dauer der nahe kontinuierlichen Entladung eine (Vertikal-)Verschiebung der Leuchtstelle längs des Entladungskanales statt; man beobachtet bei Kugelblitzen ein Aufsteigen oder auch Herabfallen der Leuchtmasse. Wie das Verhalten der Leuchtmassen beim Büschellichtbogen lehrt, kann schon allein eine Änderung der Stromstärke, wie sie ja während des Verlaufes der Kugelblitzentladung stets erfolgen dürfte, die Lage der Leuchtmasse ändern. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass oft auch eine Verschiebung der

Leuchtstelle im Entladungskanale stattfindet, welche der bei konstanter Stromstärke erfolgenden »Wanderung« der Leuchtmassen des Büschellichtbogens analog ist.

Die Leuchtmasse des Kugelblitzes dringt, wie bekannt, auch ins Innere der Häuser, in Zimmer, Küchen etc. ein. Dies ist nach der Auffassung über das Wesen der Kugelblitze nicht auffallend, besonders wenn man bedenkt, dass ja auch sehr intensive Elmsfeuer im Innern von Gebäuden (in Zimmern, Treppenhäusern) beobachtet worden sind, und da allgemein anzunehmen ist, dass über jeder Fläche mit intensiver Elektrizitätsabgabe oder -aufnahme eine Leuchtmasse existenzfähig ist.

Ende des Entladungsprozesses bei Kugelblitzen. Der Abschluss des gesamten Entladungsvorganges findet manchmal völlig lautlos statt. Das Fliessen der Elektrizität im Entladungskanale hört einfach auf, die Leuchtmasse hebt sich lautlos in die Lüfte oder erlischt spurlos; öfters hört man im letztern Falle ein brausendes Geräusch, einen schwachen Knall oder dergleichen. In den meisten Fällen wird jedoch von einer heftigen Detonation am Schlusse der Gesamtentladung berichtet. Es ist dann wohl anzunehmen, dass der Entladungskanal des Kugelblitzes wieder einer gewöhnlichen Blitzentladung, einem Endblitze, als Bahn diente.« Im folgenden giebt Toepler zugleich mit der Beantwortung der Frage nach der Entstehungsursache des Endblitzes die Erklärung dafür, warum bei einzelnen Kugelblitzen die Bewegung der Leuchtmasse völlig geräuschlos erfolgt, bei andern nicht.

Ein länger dauerndes, dem Initialblitze folgendes Nachfliessen von Elektrizität setzt voraus, dass grosse Elektrizitätsmengen erst allmählich zur Entladung verfügbar werden. Hierzu ist es aber nicht nötig, dass auf beiden Seiten der Entladungsbahn eine nahe gleichstarke Hemmung des Elektrizitätsflusses stattfindet. Wie aus den eingangs citierten Untersuchungen hervorgeht, setzt das Auftreten nahe kontinuierlicher Entladung irgendwelcher Art nicht voraus, dass beide Elektroden Halbleiter sind; es genügt, dass wenigstens eine Elektrode sich wie ein Halbleiter verhält. Wenn nun auch Wolke und Erde meist beide bis zu gewissem Grade als Halbleiter aufzufassen sind, so wird doch in der Regel die durchschnittliche Leitfähigkeit in dem einen Endgebiete der Entladungsbahn des Kugelblitzes wesentlich geringer sein als in dem andern. Das vor Ausbildung der Entladung zwischen Wolke und Erde befindliche starke Potentialgefälle dringt dann während der Entladung (entlang vielfach verzweigter Entladungsäste) in die schlechter leitende Elektrode ein; längs des zwischen Wolke und Erde befindlichen Entladungskanales und auf oder in der besser leitenden Elektrode herrscht nur ein geringer Spannungsabfall. Reguliert wird der nahe kontinuierliche Elektrizitätsfluss in der schlechter leitenden Elektrode.

Die Ausgangspunkte der in einer nicht unmittelbar über dem Erdboden schwebenden Leuchtmasse eines Kugelblitzes vereinigten Stromfäden endigen wahrscheinlich häufig nicht auf einer zusammenhängenden Fläche; der Entladungskanal ist in der Nähe des Erdbodens in einzelne getrennte Entladungsstränge gespalten. Dies ist wohl die Voraussetzung dafür, dass sich, wie oft beobachtet ist, eine einzige ursprünglich vorhandene grosse Leuchtmasse gegen Ende der Entladung plötzlich in mehrere kleinere Leuchtkugeln zerteilt. In diesem Falle rückt einfach die zur Ausbildung einer Leuchtmasse günstige Stelle, sich zum Erdboden herabsenkend, schliesslich von der vereinigten Bahn auf die einzelnen Stromstränge, vielleicht einfach infolge allmählich sich ändernder Stromstärke.

Stromstärke bei Kugelblitzen. Der Initialblitz (und der Endblitz) verhält sich natürlich wie ein gewöhnlicher Blitzschlag: in ihm wird also momentan vorübergehend die Stromstärke bis auf mehr als 10000 Ampère steigen können. Das lang dauernde nahe kontinuierliche Elektrizitätsnachfliessen bei Kugelblitzen wird nur mit viel geringerer Stromstärke erfolgen.

Auch wird letztere von Fall zu Fall sehr verschieden und selbst im einzelnen Falle nicht während der Gesamtdauer der Kugelblitzentladung konstant sein.« Toepler versucht nun, diese Stromstärke wenigstens ihrer Grössenordnung nach abzuschätzen.

»Aus dem Verhalten kleiner Halbleiterstücke (wie Basalt) als Elektroden ist zu schliessen, dass eine glimmende Oberfläche von 1 *qcm* Ausdehnung wohl im günstigsten Falle von 1 Ampère durchströmt wird. Da das Auftreten von intensivern Entladungsformen wohl kaum oft unbemerkt geblieben wäre, entsprechende Angaben aber meist fehlen, so ist anzunehmen, dass die angegebene Strömungsdichte in der Regel bei Kugelblitzen kaum erreicht wird. Nehmen wir ferner an, dass eine nahe dem Erdboden schwebende Leuchtmasse die Stromfäden von höchstens 4 *qcm* glimmender Oberfläche zusammenfasst, so würden wir auf eine Stromstärke von höchstens 4 Ampère schliessen können.

Einen zweiten Schätzungswert der Stromstärke im Kugelblitze erhalten wir folgendermassen: Der Querschnitt einer Leuchtmasse des Büschellichtbogens beträgt bei 1 Milliampère Stromstärke etwa 1 *qmm*, ihre Leuchtintensität ist hierbei freilich keine besonders starke; immerhin würde ein Raum von etwa 1 *cdm* Inhalt mit der gleichen räumlichen Leuchtintensität ein sehr auffallendes, auch bei Tage weithin sichtbares Leuchtobjekt bilden. Nun wird die Leuchtmasse bei Kugelblitzen in den meisten Fällen als hühnerei- bis kindeskopfgross angegeben. Nehmen wir für letztern Fall den Querschnitt der Leuchtmasse zu 150 *ccm* an und die Stromdichte gleich 1 Milliampère pro Quadratmillimeter, so erhalten wir für den Kugelblitz eine Stromstärke von 15 Ampère.

Aber auch noch auf einem dritten Wege gelangt man zu einer Abschätzung der Stromstärke bei Kugelblitzen. Wir wissen, dass die Elektrizitätsmenge, welche bei starken Blitzschlägen entladen wird, etwa *60 bis* 100 Coulomb beträgt. Nehmen wir an, ein intensiver Kugelblitz entlade langsam die gleiche Elektrizitätsmenge, und berücksichtigen wir, dass in den meisten Fällen die angegebene Dauer des Kugelblitzes 5—30 Sekunden beträgt, so würde die Stromstärke in Kugelblitzen zu 20—2 Ampère anzunehmen sein.

Die auf drei ganz verschiedenen Wegen geschätzten Stromstärken zeigen der Grössenordnung nach auffallend gute Übereinstimmung. Bei sehr kurz dauernden intensiven Kugelblitzen werden natürlich noch viel höhere Stromstärken vorkommen, im allgemeinen hat man aber schon die oben geschätzten Werte als obere Grenzwerte anzusehen. Recht wohl denkbar ist auch das Auftreten von Kugelblitzen mit wesentlich kleinerer Stromstärke; in der Krone des positiven Büschels findet schon bei einer Stromdichte von nur 0.05 Milliampère pro Quadratzentimeter ein (schwaches) Leuchten statt; hiernach würde das Auftreten einer, wenn auch sehr lichtschwachen, bläulichen Leuchtmasse von Kindeskopfgrösse schon bei einer Stromstärke von 0.01 Ampère denkbar sein.«

20. Optische Erscheinungen.

Die Helligkeit des heitern Himmels und die Beleuchtung durch Sonne, Himmel und Rückstrahlung bildet den Gegenstand einer vieljährigen theoretischen Untersuchung von Chr. Wiener, die nach dessen Tode von seinen Söhnen H. und O. Wiener herausgegeben wird.[1]) Eine kurze Analyse dieses für die atmosphärische Optik grundlegenden Werkes hat Z. Weber gegeben[2]) auf die hier verwiesen werden muss.

---

[1]) Abhdlg. d. Kaiserl. Leop. Carol. Ak. d. Naturf. Nova Acta 73. N. 1.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 43.

Die scheinbare Vergrösserung der Gestirne in der Nähe des Horizontes bildet den Gegenstand einer umfassenden Studie von Prof. Dr. Eugen Reimann.[1]) Er stellt in dieser Abhandlung mit grosser Vollständigkeit alle dieses Problem betreffenden frühern Arbeiten kritisch dar und fügt eigene wichtige Beobachtungen bei.

21. Witterungsperioden und Wetterprognosen.

Sonnentemperatur, Regenfall und Hungerjahre in Indien. Norman und W. J. S. Lockyer haben in den Abhandlungen der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu London eine umfangreiche Untersuchung veröffentlicht über den Zusammenhang zwischen den Unregelmässigkeiten des Regenfalles in Indien mit gewissen periodischen Vorgängen auf der Sonne. Schon früher hat man an einen Zusammenhang mit der elfjährigen Periode der Sonnenflecke gedacht, allein der genaue Vergleich mit den Zeiten des Misswachses hat keine ausreichende Übereinstimmung nach dieser Richtung hin erkennen lassen. Indessen ist es doch wahrscheinlich, dass Vorgänge auf der Sonne in dieser Beziehung eine Rolle spielen, und die beiden Lockyer haben weitere Untersuchungen darüber angestellt. Sie kamen zu dem Ergebnisse, dass die Temperatur der äussern Schichten des Sonnenballes zu gewissen Zeiten höher und zu andern niedriger ist als im Durchschnitte. Ihre Beobachtungen des Aussehens gewisser dunkler Linien im Spektrum der Sonnenflecke führten sie zunächst darauf, zwei Klassen dieser Linien zu unterscheiden, die sie als »bekannte« und »unbekannte« Linien bezeichnen. Sie kamen dann ferner zu dem Ergebnisse, dass die erstern am zahlreichsten sichtbar sind, wenn die Sonnentemperatur niedriger ist als zu andern Zeiten. Sind die »unbekannten« Linien am zahlreichsten, so ist die Sonnentemperatur am höchsten, dagegen ist sie auf einem mittlern Stande, wenn beide Klassen von Linien etwa gleich zahlreich sind. Stellt man die Häufigkeit dieser Linien in den verschiedenen Jahren durch Kurven dar und ebenso die Häufigkeit der Sonnenflecke, so ergiebt sich, dass diese Kurven völlig voneinander verschieden sind. Ihre Auf- und Abstiege sind scharf ausgeprägt und ebenso die Kreuzungen. Letztere fallen (seit 1879) auf die Jahre 1881, 1886—1887 und 1892 und weisen für diese auf einen mittlern Stand der Sonnentemperatur hin, doch hat die für 1897 erwartete Kreuzung bis jetzt nicht stattgefunden. Die Genannten haben nun weiter untersucht, wie sich die Regenfälle zu den angenommenen Temperaturschwankungen der Sonne verhalten. Sie haben zu diesen Untersuchungen Indien gewählt, weil man erwarten darf, dass die entsprechenden Vorgänge in tropischen Gegenden am einfachsten und klarsten sich darstellen, dann aber auch,

[1]) Progr. d. Kgl. Gymnasiums z. Hirschberg 1901. Gaea 1901. Heft 11/12.

weil die Regelmässigkeit des Regenfalles in Indien gerade zu jener Zeit sehr gestört erschien, als die Beobachtungen der genannten Linien im Spektrum der Sonnenflecke eine grosse Abweichung vom normalen Verhalten zeigten. Die Untersuchung der Regenfälle 1877 bis 1886 beim SW-Monsun ergab, dass in den Jahren mit Überschuss der Sonnentemperatur über die mittlere, in vielen Teilen Indiens auch die Regenfälle über normal waren, in den Jahren mit vermindeter Sonnentemperatur dagegen unter normal. Solches trat in der Regel im ersten Jahre nach dem mittlern Zustande hervor, d. h. 1877—1878 und 1882—1888, Daten, welche, wie Lockyer behauptet, auch, allerdings verspätet, den Maximum- und Minimumperioden der Sonnenflecke nahe liegen. Die Untersuchung der Eliotschen Regentabelle von ganz Indien 1875—1896, welche den SW- und den NO-Monsun umfasst, zeigte während eines zweiten Sonnenfleckcyklus, dass der mittlern Sonnentemperatur eine Abweichung des Niederschlages folgt, ferner ergab die Untersuchung der Niederschläge im Himalaya, dass die Regen- und Schneemenge in den Jahren der Häufigkeitszunahme der »unbekannten« Spektrallinien grösser ist. Der Regenfall auf der Insel Mauritius erreichte sein Maximum in den Jahren 1877 und 1882, Minima 1880 und 1886, so dass die Maxima der Niederschläge dort ungefähr nach der Zunahme der »bekannten« Linien des Sonnenfleckspektrums erfolgten. Die Verzögerung um ein Jahr, nach welchem die Wirkung der Schwankung von Mauritius auch in Ceylon und Indien eintritt, entspricht der Erwartung, dass der Regen beim Sonnenfleckminimum von Süden heraufrückt. Die Thatsache, dass die Abweichungen des Jahres 1882 in Mauritius und Indien gleichzeitige waren, ist nach Lockyer ein strenger Beweis für den Ursprung des indischen Regenfalles zur Zeit des Sonnenfleckmaximums in den Äquatorialregionen. Für Indien zeigen sich zwei Maxima des Regenfalles, das eine nahe um die Zeit der zahlreichsten Sonnenflecke, das andere nahe zusammenfallend mit den Jahren der wenigsten Flecken, ferner liegen die Hungerjahre in den Zeiten zwischen den beiden regenreichen Epochen. Sie zeigen nach Lockyer einen elfjährigen Cyklus, allein dieser ist keineswegs auf ein oder zwei Jahre verbürgt, sondern aus den Angaben folgt, dass durchschnittlich mangels Regen alle fünf bis sechs Jahre ein Hungerjahr in Indien zu erwarten ist. Man käme also bei den Schwankungen des Cyklus aus den Vorbereitungen auf Misswachs niemals heraus, d. h. mit andern Worten: die berechnete Periode hat vielleicht wissenschaftlichen, aber sicher keinen praktischen Wert. Die Lockyer haben sie auch nicht benutzt, um die nächsten Hungerjahre für Indien zu berechnen, was doch am naheliegendsten gewesen wäre.

Der praktische Unwert von Wetterprognosen auf mehrere Tage im voraus wurde im 11. Bande dieses Jahrbuches be-

leuchtet und nachgewiesen, dass die Behauptung, ein ausgedehnter »Witterungsdienst« sei von grossem Nutzen für die Landwirtschaft, völlig ungerechtfertigt ist. Das Jahr 1901 hat jetzt wiederum eine Anzahl Belege geliefert, welche beweisen, wie es um diesen angeblichen Nutzen der Meteorologie bestellt ist. Nur zwei Wetterperioden mögen zur Illustrierung hier hervorgehoben werden. Zunächst die Regenzeit vom 12.—16. September. Während dieser Zeit ist ein grosser Teil Mitteleuropas von Regenfällen betroffen worden, die ungewöhnliche Dauer zeigten. Die Einzelbeobachtungen liegen zwar noch nicht vor, allein so viel ist gewiss, dass an manchen Orten die Dauer des ununterbrochenen Regens länger gewesen sein dürfte, als sie seit vielen Jahren war. Die ersten Spuren der Wetterlage, die diese Regenperiode für Mitteleuropa brachte, zeigten sich am 11. September in einer flachen Depression über dem Ligurischen Meere, während hoher Luftdruck über Skandinavien und am Kanale lagerte. Kein meteorologisches Anzeichen aber hat am 11. September einen sichern Schluss gestattet, dass die unscheinbare Depression auf dem Ligurischen Meere die Alpen übersteigen und bis zum 16. September ganz Mitteleuropa mit Regen überschütten würde. Diejenigen, welche behaupten, es sei möglich, auf mehrere Tage im voraus das Wetter zu bestimmen, hätten am Morgen des 11. September eine gute Gelegenheit gehabt, ihre Weisheit anzubringen; aber natürlich haben sie geschwiegen. Der Monat Oktober brachte eine klägliche Niederlage für das »Sturmwarnungswesen«. Der Orkan vom 6. Oktober und sein Nachfolger, die in Grossbritannien, Frankreich, Belgien, Deutschland und auf der Nordsee schreckliche Verwüstungen anrichteten, sind den meteorologischen Observatorien und Sturmwarnungsstellen völlig unerwartet gekommen; von keiner Seite sind diese Unwetter auch nur 24 Stunden vorher angezeigt worden. Am 5. Oktober lag nördlich von Schottland eine barometrische Depression von unter 740 *mm*, eine flache mitten über Deutschland und mässig hoher Luftdruck westlich von Frankreich. Bis zum Mittage stieg das Barometer im westlichen Deutschland noch, und alles deutete darauf, dass eine atmosphärische Störung nicht wahrscheinlich sei. Um 2 Uhr nachmittags war das Barometer im Nordseegebiete indessen in raschem Fallen, doch erschien die Wetterlage noch so wenig gefahrdrohend, dass die deutsche Seewarte für den 6. Oktober nur »auffrischende Winde aus westlichen Richtungen« in Aussicht stellte, das königl. belgische meteorologische Institut meldete »mässigen bis ziemlich starken West.« Das Berliner Wetterbureau sagte für den 6. Oktober »mässige nordwestliche Winde« voraus. Gegen 8 Uhr abends war aber der Zustand der Atmosphäre schon ein wesentlich anderer; an der norwegischen Südküste lag das Zentrum eines Luftwirbels, der nicht nur im Nordseegebiete stürmische Winde verursachte, sondern auch schon im Innern Deutschlands. Aber erst, nachdem der Wind schon fast stürmisch war, und jeder Seefahrer einsah, was kommen

werde, um 9 Uhr abends, sandte die Seewarte die erste Warnungsdepesche vor Sturm an die Stationen der Küste von Leba bis Borkum, am andern Morgen $9^1/_2$ Uhr eine zweite Warnung an die Küste bis Memel. Die Zerstörungen, welche das Unwetter anrichtete, sind aus zahlreichen Berichten bekannt; meteorologisch ist wichtig, dass südlich von der Hauptdepression mehrere kleinere Luftwirbel sich bildeten, die, von Gewittern und gewaltigen Regenfällen begleitet, von W nach O zogen, die eine davon über Belgien mit einer Geschwindigkeit von 75 *km* in der Stunde. Am 7. Oktober dauerte das stürmische Wetter noch fort, und das Zentrum des grossen Luftwirbels lag über der Ostsee; am folgenden Tage war es nordwärts bis fast zum Bottnischen Meerbusen fortgeschritten, und hoher Luftdruck begann sich über Frankreich auszudehnen. Alles deutete auf ruhigere Witterung, und dem entsprechend lautete die Voraussage des belgischen meteorologischen Instituts auf »mässigen westlichen und südwestlichen Wind«, der deutschen Seewarte auf »zunächst schwächern Wind aus westlichen Richtungen«. Es kam aber wiederum anders. Über der südlichen Nordsee bildete sich während der Nacht unvermutet ein neuer Luftwirbel, dessen Mittelpunkt am 9. morgens an der Westküste von Schleswig lag. Abermals wuchs der Wind zum schweren Sturme an, schon früh morgens an der niederländischen Küste und im deutschen Binnenlande, im Laufe des Vormittages war auch die Nordsee in vollem Aufruhre. Dieses Sturmfeld entfernte sich am nächsten Tage rasch nach der russischen Grenze hin, und am 11. Oktober trat endlich ruhiges Wetter ein.

Aus diesen Beispielen, die durch Hinzufügung von zahlreichen irrigen Wetterprognosen selbst für den nächsten Tag leicht vermehrt werden können, wird ersichtlich, wie es im Jahre 1901 um den praktischen Erfolg der Wetterprognosen bestellt war. Nur wer die Thatsache nicht kennt oder verschweigt, kann von dem »grossen Nutzen«, den die praktische Meteorologie der Landwirtschaft zu leisten in der Lage sei, sprechen.

Druck von Robert Noske, Borna-Leipzig.